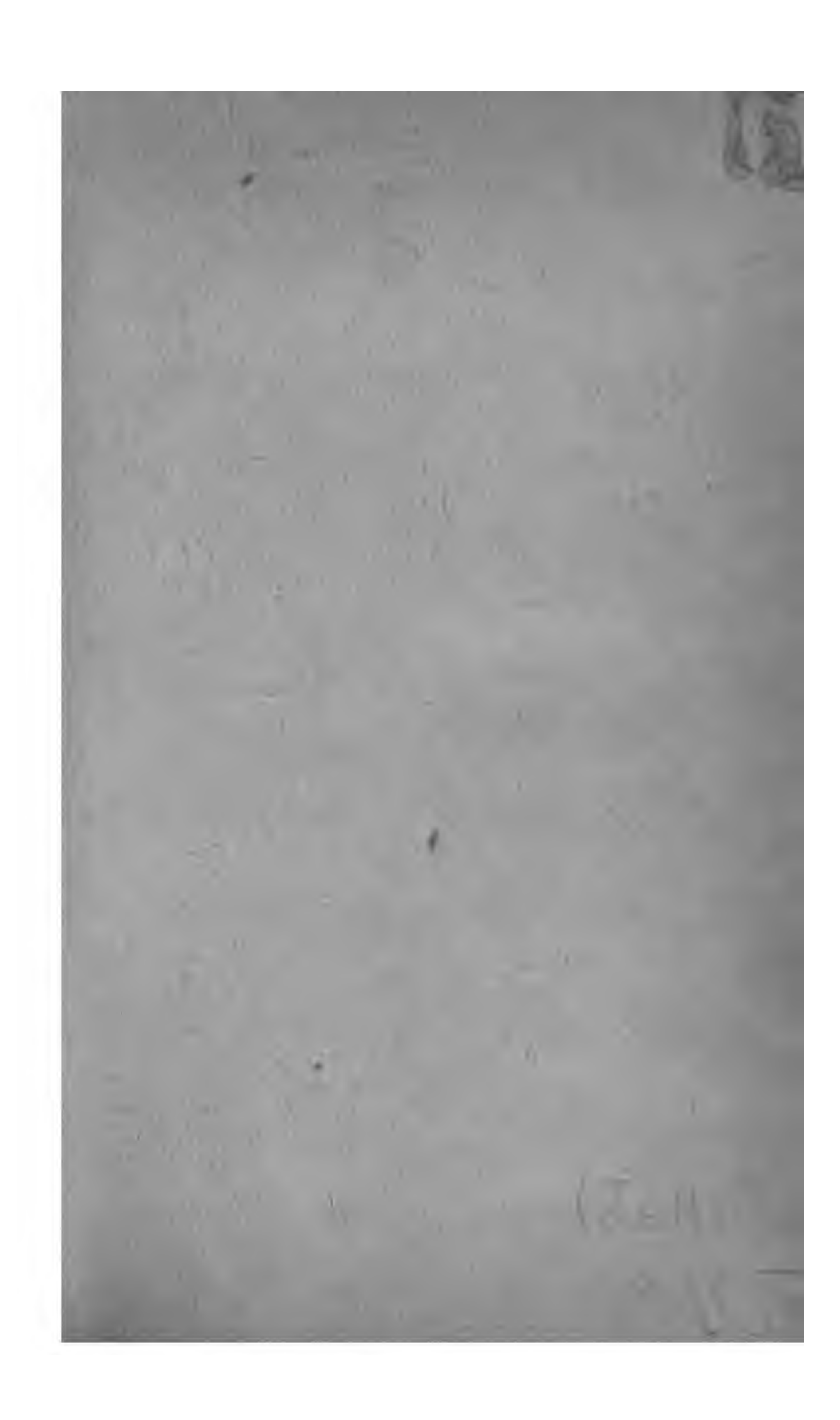

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3433 06272813 8











Die künstlichen Kohlen

für elektrotechnische und elektrochemische Zwecke,

ihre Herstellung und Prüfung.

Von

Dr. Julius Zellner,

Professor der Chemie an der Staatsgewerbeschule in Bielitz.

Mit 102 in den Text gedruckten Figuren.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1903.

Vorwort.

Trotz der regen Tätigkeit auf dem Gebiete der elektrotechnischen und elektrochemischen Literatur ist bisher keine zusammenfassende Darstellung der Kunstkohlenfabrikation in deutscher Sprache veröffentlicht worden. Es existieren über diesen Gegenstand bloß zwei ausführlichere englische Schriften und zwar eine Broschüre von O. G. Pritchard: The manufacture of electric light carbons, London 1890, und ein Buch von F. Jehl: The manufacture of carbons for electric lighting and other purposes, London 1899. Die einschlägige Zeitschriftenliteratur besteht aus ziemlich zahlreichen, in vielen Journalen zerstreuten Publikationen, welche einzelne hierhergehörige Fragen behandeln oder skizzenhafte Darstellungen der Kunstkohlenindustrie enthalten. Ich hatte daher bei Abfassung dieser Schrift eine mehr als kompilatorische Arbeit zu leisten, insofern ich verschiedene Kapitel ganz oder teilweise auf eigene Erfahrungen gründen mußte, welche ich seit mehr als sieben Jahren teils im Fabrikbetrieb, teils im Laboratorium gesammelt und durch die Mitteilungen mehrerer Fachleute und Fabriken ergänzt habe. Die Hauptschwierigkeit, welche sich meiner Arbeit entgegenstellte, war der Umstand, daß ich genötigt war auf Gegenstände einzugehen, welche ganz getrennten Zweigen der technischen Wissenschaften, der chemischen und mechanischen Technologie, dem Maschinenbau, der Elektrotechnik und Elektrochemie angehören. Naturgemäß muß in einem solchen Falle die Darstellung je nach dem eigentlichen Arbeitsgebiete des Autors in der einen oder anderen Richtung laienhaft und unvollständig ausfallen. Ich habe mich bemüht — und bin darin von meinen Kollegen an der mechanisch-technischen Abteilung unserer Schule aufs freundlichste unterstützt worden — auch die Kapitel nichtchemischen Inhalts möglichst gründlich zu bearbeiten. Das Urteil darüber, wie weit

diese Absicht erreicht wurde, muß ich dem Leser überlassen. Die Illustrationen sind mit Ausnahme einiger Clichés Originalzeichnungen, welche ich zum größten Teile selbst angefertigt habe.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, denjenigen Männern und Firmen öffentlich meinen Dank auszusprechen, welche meine Arbeit durch Rat und Tat gefördert haben; es sind dies die Kunstkohlenfabriken Le Carbone (Paris), Schiff & Co. (Wien), C. Conradty (Nürnberg) und Dr. A. Lessing (Nürnberg), welche mir verschiedene wertvolle Daten zur Verfügung stellten, ferner die Maschinenfabriken F. Pemsel (Nürnberg) und J. C. Braun (Nürnberg), welche mir unter anderem auch einige Clichés freundlichst zur Benutzung überließen, endlich die Maschinenfabrik M. Sonnenschein (Marchegg). Aus den Kreisen der Praktiker haben meine Freunde Adolf Radschopf (Wien), Johannes Härdén (New-York), ferner John Rudolphs (Stockholm) und Direktor Eugen Ornstein (Wien), welch letzterer die besondere Freundlichkeit hatte, die Korrekturbogen einer kritischen Durchsicht zu unterziehen, meine Arbeit durch viele wertvolle Mitteilungen bereichert, wofür ich ihnen meinen besten Dank sage. Ebenso bin ich meinen Kollegen, dem Fachvorstande H. Leobner, den Professoren J. Zipser und J. Kuhn für verschiedene Aufklärungen, Prof. E. Joch für die Herstellung der Fig. 85 und Prof. Max Erber für die Anfertigung der Figuren 15, 19 und 25 zu großem Danke verpflichtet.

Bei dem Umstande, daß einerseits Mitteilungen, welche für die Kunstkohlenfabrikation von Interesse sind, in Zeitschriften der verschiedensten Branchen publiziert werden und anderseits fast jede Fabrik ihre besonderen Verfahren ausübt, kann man Vollständigkeit von meiner Arbeit billigerweise nicht erwarten, umsoweniger als manche Details von den Fabriken geheimgehalten werden. Ich werde daher für Ergänzungen und Berichtigungen, welche dazu beitragen, das vorliegende Buch zu vervollkommnen, jederzeit sehr dankbar sein.

Und somit sei diese Arbeit der wohlwollenden Beurteilung des Lesers empfohlen.

Bielitz, am 10. November 1902.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Seit

3. Kapitel.

Zweiter Abschnitt.

Die Herstellung der Kohlenkörper.

4. Kapitel.

5. Kapitel.

Anhang.

Einleitung.

Die Entwickelung der Kunstkohlenfabrikation, einleitende Übersicht des Inhaltes.

Die Eigenschaft der Kohle, den elektrischen Strom zu leiten, falls sie nur genügend dicht und von organischen Verbindungen frei ist, ihre hohe Widerstandsfähigkeit gegen die verschiedensten chemischen Agentien, ihre eminente Beständigkeit bei hohen Temperaturen und endlich ihre wundersame Fähigkeit, den Davyschen Lichtbogen zu bilden, sichern ihr eine vielseitige Anwendung in der Elekrotechnik. Die natürlichen Kohlen zeigen aber diese schätzbaren Eigenschaften meist nur in unbedeutendem Maße. Bloß der Graphit besitzt sie in genügendem Grade, aber seine geringe Festigkeit und sein meist beträchtlicher Aschengehalt verhindern seine Anwendung in den meisten Fällen. Von den künstlichen Kohlen ward zuerst Holzkohle und Retortengraphit in Verwendung genommen, aber auch hier zeigte sich bald die Schwierigkeit, diese Materialien in die passende Form zu bringen, als außerordentlich groß, so daß man die geformte Kohle, wie sie für elektrotechnische Zwecke fast ausschließlich benötigt wird, meistens in der Weise herstellt, daß man das gepulverte und eventuell gereinigte Rohmaterial mit einem Bindemittel mischt, ihm durch starkes Pressen die gewünschte Form gibt und den so erhaltenen Kohlenkörpern durch starkes Glühen die nötige Festigkeit und Leitfähigkeit erteilt. Gegenwärtig werden auf diese Weise hergestellte Kohlenkörper zu den folgenden Zwecken der Elektrotechnik und Elektrochemie verwendet: als Lichtkohlen für elektrische Bogenlampen,

als Elektroden für elektrolytische und pyroelektrische Prozesse, als Elementkohlen für verschiedene Primärelemente, als Mikrophonkohlen, als Kohleziegel, Futterstücke, Ofensohlen u. dergl. für elektrische Öfen, als Tiegel für elektrochemische Prozesse, als Formen für das Ausglühen der Glühlampenfäden, als Diaphragmen für Elektrolyse, als Widerstandsmaterial, als Kohlen für elektrische Schweißung, als Schleifkontakte für Dynamomaschinen (sog. Dynamobürsten) und elektrische Strassenbahnen, als Kontakte für Stromverteiler, Unterbrecher u. dergl., als Blitzschutzkohlen und Blitzableiterspitzen, als Lager ohne Schmierung für kleine, schnelllaufende Dynamomaschinen.

Schließlich wäre noch die Verwendung der Kohle zu Glühlampenfäden zu erwähnen. Die Fabrikation der letzteren wird in diesem Buche nicht besprochen werden, da sie nicht selbständig betrieben wird und naturgemäß einen Teil der Glühlampenfabrikation bildet.

Im folgenden werde ich einen kurzen Überblick über die Entwicklung der Kunstkohlenfabrikation geben, wobei ich die älteren Verfahren etwas ausführlicher behandeln, die neueren aber nur in den äußersten Umrissen und in ihrer gegenseitigen Beziehung schildern werde, da deren genauere Erörterung den eigentlichen Gegenstand dieses Buches bildet.

Ihren Ausgang nahm die Kunstkohlenfabrikation von der Herstellung der sogenannten Lichtkohlen. Davy hatte zur Erzeugung des Lichtbogens Holzkohlenstäbe verwendet (1810). Diese hatten natürlich nur eine kurze Brenndauer und wurden von Foucault (1844) durch gesägte Retortengraphitstäbe ersetzt. Aber auch diese bewährten sich nicht, da die ungleiche Beschaffenheit und der Aschengehalt des Materials die Ruhe des Lichtbogens nachteilig beeinflußten, obwohl die Brenndauer infolge der größeren Dichte des Retortengraphits eine erheblich größere war. Man versuchte deshalb die unverbrennlichen Bestandteile durch chemische Behandlung der gesägten Stäbe mit Flußsäure, Alkalien und Chlor zu beseitigen (Jacquelain). Aber der zweite Übelstand, die Schwierigkeit nämlich, das harte Rohmaterial durch Sägen und Schleifen in die gewünschte Form zu bringen und der dabei sich reichlich ergebende Bruch und Abfall ließ sich nicht vermeiden. Man dachte deshalb bald daran, die Kohlenstäbe aus künstlich geformter Kohle herzustellen, und diese ersten Versuche wurden in England unternommen.

Staite und Edwards nahmen 1846 ein englisches Patent zur Herstellung von Kohlen, indem pulverisierter Koks, der mit Zucker-

lösung zu einer plastischen Masse gemischt war, unter starkem Druck geformt und bei Luftabschluß geglüht wurde. Die harte Kohle wurde mit Zuckerlösung imprägniert und abermals geglüht, um sie dichter zu machen. Von Anfang an zeigten sich die Schwierigkeiten, den beiden Hauptforderungen nachzukommen, welche an eine gute Kohle zu stellen sind: Aschenfreiheit und Dichte (Leitungsvermögen). Bald darauf erhielt Le Molt ein englisches Patent (1849) auf die Herstellung von Kohle, welche in der Weise erfolgte, daß eine Mischung von zwei Teilen Retortenkohle, zwei Teilen Holzkohle und einem Teil Teer hergestellt, dieselbe in Formen gepresst und stark geglüht wurde (30 Stunden lang). Außerdem wurde die fertige Kohle durch Behandlung mit Säuren zu reinigen versucht. Er verwendete statt Stäben rotierende Kohlenscheiben, was Wright schon 1845 versucht hatte.[1]) Watson und Slater verfuhren in ähnlicher Weise (1850). Den Aschengehalt suchten Lacassagne und Thiers durch Behandlung mit schmelzenden Ätzalkalien und darauffolgendes Waschen zu beseitigen, worauf die Kohle noch in Porzellanröhren bei Rotglut mit Chlor behandelt wurde, um gewisse Basen zu entfernen. Der Engländer Curmer suchte die Aschenfreiheit auf einem rationelleren Wege zu erreichen; er nahm Ruß als Rohmaterial und Benzin und Terpentinöl als Bindesubstanzen. Die so erhaltenen Stäbe waren rein, hatten aber wieder den anderen Fehler: grosse Porosität, weshalb er genötigt war, die gebrannten Kohlen nochmals mit verkokenden Substanzen zu imprägnieren (wie Harz, Sirup und dergl.) und nochmals zu brennen.[2])

Ein gewisser Bühring aus Hamburg soll um diese Zeit in London mit einem englischen Konsortium eine Kohlenfabrik errichtet haben, die aber wieder einging.

Inzwischen hatten Schönbein[3]) und Bunsen[4]) die Kohle als geeignetes Material für galvanische Elemente eingeführt, und damit war ein neuer Anstoß zur Herstellung künstlicher Kohlenkörper gegeben. Bunsen selbst gibt die Vorschrift: zwei Teile backende Steinkohle und einen Teil Koks wohl zu mischen und in Eisenzylindern auf Rotglut zu erhitzen.

Natürlich waren diese Kohlenzylinder noch sehr porös, weshalb

[1]) Fontaine, L'éclairage électrique. 1877.

[2]) Siehe Jehl, The manufacture of carbons for electric lighting and other purposes. London 1899.

[3]) Poggendorfs Ann. 1840.

[4]) Ebenda 1842.

Reiset[1]) und Schmidt[2]) sie mit konzentrierter Zuckerlösung oder Teer tränkten und nochmals glühten.

Der letztere verfuhr in der Weise, daß gutgeglühter Koks und backende Steinkohle im Verhältnis 1 : 2 ohne Bindemittel gemischt und in Eisenformen geglüht wurden. Diese Art der Kohlenfabrikation ist aus der Brikettindustrie herübergenommen. Um hohle Zylinder herzustellen, wurde eine zylindrische Holzschachtel konzentrisch in die Eisenform gestellt, der Zwischenraum mit dem Kohlengemenge gefüllt und hierauf das Ganze geglüht. Da die so erhaltenen Zylinder sehr porös und schlecht leitend waren, imprägnierte man sie mit Sirup und erhitzte sie dann auf Weißglut. Zuletzt wurden sie auf der Drehbank bearbeitet. Greßler[3]) arbeitete viel rationeller: er verwandte eine Mischung von gemahlenem Koks und Teer, preßte dieselbe in eine polierte Messingform, ließ die erhaltenen Kohlen trocknen und glühte sie hierauf in einem Rundofen mit Holzfeuerung, welcher mit mehreren Öffnungen teils zur Regulierung des Zuges, teils zur Beobachtung des Glühprozesses versehen war. Auf diese Weise stellte Greßler Zylinder, Platten und Stäbe her, welche ziemlich hart und von gleichmäßiger Beschaffenheit waren.

Außerdem befaßten sich noch um diese Zeit und weiterhin Dr. Schubert in Würzburg, sowie Eckling[1]) und Hesz in Wien mit der Herstellung von Batteriekohlen. Nach wie vor waren und sind auch heute noch Prismen aus gesägter Retortenkohle in Verwendung,[4]) welche sich haltbarer zeigte als die Preßkohle, wie sie früher hergestellt wurde. Seit 1868 nahm die Fabrikation der Batteriekohlen in verschiedenen Formen zu, da um diese Zeit das Leclanchéelement erfunden wurde. Etwas später (1876) wurden die Braunsteinzylinder eingeführt, eine wenig glückliche Neuerung, die aber viel Anklang fand. Die geringe Haltbarkeit der Batteriekohlen, sowie die rasche Verbrennung der Lichtkohlen älterer Erzeugung, hatten ihre Begründung in demselben Fehler ihrer Fabrikationsweise: da man zu geringe Preßdrücke anwandte und infolgedessen zuviel Bindematerial nehmen mußte, waren die so hergestellten Kohlenkörper viel zu porös, so daß man genötigt war, sie mit organischen Substanzen (fetten Ölen, Sirup, Zuckerlösungen, Leim etc.) zu imprägnieren und nochmals zu brennen, was natür-

---

[1]) Ann. Chim. Phys. 1843.

[2]) Martin, Repertorium der Galvanoplastik und Galvanostegie. Wien 1856. Leider fehlen Literatur- und Patentangaben.

[3]) Martin l. c.

[4]) Firmen Gerling und F. Othmer, Hannover.

lich die Herstellungskosten sehr erhöhte. Außerdem war die Glühtemperatur meist zu niedrig.[1]) Dem Bedarf entsprechend, war bis zu Ende der 70er Jahre die uns beschäftigende Industrie nicht über den Rahmen größerer Laboratoriumsarbeit hinaus gekommen.

Der Aufschwung der Kohlenindustrie ging wieder zunächst von der Herstellung der Kohlen für die elektrische Beleuchtung aus. Dieselbe war durch Jablochkoff (1876) in ein neues Stadium gebracht worden, nachdem zu Ende der 60er Jahre durch Pacinotti, Siemens und Gramme die Grundlage zur Entwicklung der Elektrotechnik gelegt worden war. Carré (in Paris), dessen Versuche mit jener wichtigen Epoche zusammenfielen, hat wohl das Hauptverdienst um die Entwicklung der Kunstkohlenfabrikation. Die wesentlichen Prozeduren: Mahlung, Mischung mit Bindemitteln, Pressen und darauffolgendes Glühen hat er bereits 1876 und 1877 präzise angegeben.[2]) In Hinblick auf die auf belgischem und französischem Boden großgewordene Brikettindustrie war allerdings die Anwendung dieser Verfahren naheliegend, immerhin aber waren mit dem andern Zweck auch andere Anforderungen an die Rohmaterialien, ihre chemische und mechanische Bearbeitung gestellt, und wenn Carré auch bereits zahlreiche Vorgänger auf diesem Gebiete hatte, so war er doch der erste, welcher die Herstellung der Kunstkohle eigentlich fabrikmäßig betrieb. Er empfiehlt zur Herstellung[3]) von Lichtkohlen eine Mischung von 15 Teilen möglichst reinen, feingepulverten Kokses, 5 Teilen calcinierten Rußes und 7—8 Teilen Sirups. Nach inniger Mengung kann noch etwas Wasser zugefügt werden, dann wird die Masse stark gepreßt, in Stäbe geschnitten und diese letzteren, in Kokspulver eingebettet, auf Rotglut erhitzt. Hierauf werden die Stäbe mit Sirup imprägniert, nochmals geglüht und diese Operation noch nach Bedarf wiederholt. Die Kohlen waren sehr fest und gut leitend. Wie man sieht, war Greßler 20 Jahre früher darin Carré voraus, daß er das allein brauchbare Bindemittel Teer anwandte, Carré dagegen führte die Einbettung des Glühgutes in Kohlenstaub ein, was einen großen Fortschritt bedeutete. Auch versuchte er die Eigenschaften der Kohlen durch Imprägnierung mit unorganischen Körpern[4]) zu verbessern und führte die später so allgemein angenommene Anwendung der Bor-

---

[1]) Vergl. G. Brion, Annal. de Phys. 59.

[2]) Compt. rend. 84. Bulletin de la société d'encouragement etc. 1877. Vergl. auch elektrotechn. Anzeiger 1898.

[3]) H. Fontaine, L'éclairage électrique. 1877.

[4]) Chem.-techn. Repert. 1876.

säure ein, welche lange nachher J. Willan und F. Bowen patentiert wurde.[1])

Um dieselbe Zeit begannen Archereau und Napoli[2]) sowie Gaudoin[3]), letzterer in Gemeinschaft mit Gramme, die Erzeugung der Lichtkohlen. Gaudoin unterwarf möglichst aschenarme Rohmaterialien (Mineralöle, Pech, Harz, Teer u. s. w.) der trocknen Destillation, pulverisierte die zurückbleibende koksartige Kohle, mischte sie mit Ruß und Teer oder den bei der Destillation erhaltenen flüchtigen Produkten und verarbeitete sie in gewöhnlicher Weise weiter. Sein Fabrikat war nach Fontaine besser als die Kohlen von Archereau und Carré, was auch glaublich erscheint, da er ein reines Rohmaterial und das richtige Bindemittel anwandte. Napoli verwandte Teerkoks, welchen er mit Teer mischte. Er ist meines Wissens der erste, welcher die Kohlen mit Hilfe einer hydraulischen Presse in Strangform herstellte, wie es auch heute gebräuchlich ist. Seine Presse unterscheidet sich von den heutigen besonders dadurch, daß der gegen das Mundstück zu liegende Teil gekrümmt ist, um ein homogenes Produkt beim Pressen zu erhalten.[4]) Auch die Heizung des Preßzylinders mit Dampf war ihm bekannt. Dann werden die Kohlen auf Rotglut erhitzt und nach dem Erkalten mit organischen Substanzen imprägniert. Dazu verwendet er einen Kessel, welchen man, nachdem die Kohlen hineingebracht worden sind, evakuiert, worauf man durch ein Ventil die Imprägnierungsflüssigkeit eintreten läßt. Dann schließt man dieses Ventil und läßt durch einen andern Hahn Dampf einströmen, welcher die Flüssigkeit in die Poren der Kohle preßt. Hierauf wird die Flüssigkeit abgelassen und ein Dampfstrom durch den Cylinder getrieben, welcher die oberflächlich anhaftende Flüssigkeit sowie die leichter flüchtigen Kohlenwasserstoffe wegführt. Schließlich werden die Kohlenstäbe nochmals geglüht.

Eigentümlicherweise wollte Jacquelain[5]) zur selben Zeit die gesägten Kohlenstäbe (aus Retortengraphit oder einem ähnlichen durch Destillation von Teer erhaltenen Produkt) mit den gepreßten in Konkurrenz treten lassen, was natürlich nicht gelang.

In origineller Weise suchte Jablochkoff (März 1876) an Stelle der Reguliervorrichtungen bei den elektrischen Lampen in der Lichtkohle selbst die Regelung für ein gleichmäßiges Abbrennen zu

[1]) D. R. P. 85592 und 98210.
[2]) Urbanitzky, Das elektr. Licht. Hartleben 1890. S. 258.
[3]) Fontaine l. c. und Urbanitzky l. c. Revue industrielle. 1877.
[4]) Abbildung bei Urbanitzky l. c. S. 259.
[5]) Urbanitzky, l. c. S. 255.

erreichen. Er stellte die beiden Kohlenstäbe nicht wie gewöhnlich übereinander, sondern parallel und trennte sie durch eine isolierende, schwer schmelzbare und schwer flüchtige Masse (z. B. Porzellan, Ton, Gips, Asbest etc.), die Spitzen wurden, um dem Strom anfangs den Durchgang zu gestatten, mit einem Graphitblättchen leitend verbunden. Dasselbe verbrannte bald unter der Hitze des Lichtbogens, und in dem Maße, als die beiden Kohlenstäbe abbrannten, wurde die nächstliegende Partie der Isolierschichte verdampft und ein weiterer Teil der Kohlenstäbe bloßgelegt, sowie beim Verbrennen einer Kerze der Docht bloßgelegt wird. Damit die beiden Stäbe gleich schnell abbrennen, mußte man Wechselstrom anwenden. Trotz zahlreicher Verbesserungen und Änderungen (von Leroux, Jamin, Repieff, Andrea etc.) waren die Übelstände der Konstruktion: unruhiges Licht, leichtes Auslöschen, rasches Verbrennen nicht genügend zu beseitigen. Jablochkoff suchte auch die Kerzen so herzustellen, daß eine massive (homogene) Kohle in einer röhrenförmigen steckte und der zylindrische Zwischenraum mit dem Isoliermaterial gefüllt wurde (Nov. 1876). Diese Idee nützte später Cabiran aus. (D. R. P. 81386). Auch imprägnierte Jablochkoff die Kohlen, um farbiges Licht zu erhalten.

Eine andere Art von Kohlenkörpern wandte Reynier an. Seine Konstruktionen bilden einen Übergang von der Bogenlicht- zur Glühlichtbeleuchtung. Er benützte dünne Kohlenstäbe (2 mm Dm., 300 mm lang) oder Stäbe und Kohlenscheiben oder scheibenförmige Graphitstücke, welche durch Widerstandserhitzung weißglühend wurden. Diese und zahlreiche andere Arten solcher Kontaktglühlampen haben sich nicht bewährt. Es ist zu bemerken, daß so dünne Kohlenstäbe, wie sie für die Kontaktglühlampen nötig sind, auch heute noch schwierig in größerer Länge hergestellt werden können.

Die mühsame Herstellung der Kohlenkörper, besonders das zweimalige Glühen waren die Ursache ihres damaligen hohen Preises. Der Meter Lichtkohlen von 10—11 mm Dm. kostete nach Fontaine (1877) 2 Francs, der Meter Kohlen für Jablochkoffkerzen (20 cm lang, 4—5 mm Durchmesser), 1,1 Franc. Jetzt kostet in Frankreich der Meter der ersteren 45 Centimes, der letzteren 30—40 Centimes. Außerdem war die Abnützung eine weit größere; im Jahre 1876 brannten die Kohlen am positiven Pol mit einer stündlichen Abnützung von 36—50 mm, am negativen von 20—40 mm, während die heutigen Fabrikate am positiven Pol (Dochtkohlen) einen stündlichen Abbrand von 12—20 mm, am negativen Pol einen solchen von 10—17 mm zeigen.

In Deutschland dürfte die Firma Dr. A. Lessing die älteste sein (1872 gegründet). Dieselbe hat sich ursprünglich mit der Herstellung von Batteriekohlen befaßt und wandte sich später natürlich auch der Fabrikation anderer Kohlenkörper zu. Ende der 70er Jahre wurde das Werk der Gebr. Siemens in Charlottenburg gegründet, von welchem eine wesentliche Verbesserung der Lichtkohlen ausging, nämlich die Erfindung des Dochtes. Schon Carré war dieser Erfindung nahe, Jablochkoff[1]) hatte zur Beruhigung des Bogenlichtes Kohlen vorgeschlagen, deren innere Höhlung mit einer Mischung von flüchtiger Substanz mit Kohle gefüllt ist, Higgins[2]) hatte einen harten Docht, umgeben mit weicherer Kohle in Vorschlag gebracht, und auch Weston[3]) hatte die röhrenförmige Höhlung seiner Lichtkohlen mit Substanzen gefüllt, welche den Lichtbogen beruhigen. Aber erst Casselmann gelang es, einen wirklich brauchbaren Docht herzustellen, der aus feingemahlener Kohle mit Kaliwasserglas als Bindemittel bestand (1879). Das bezügliche Patent ist Eigentum der Gebrüder Siemens gewesen.[4]) Diese Dochtkomposition ist bis heute die allein angewendete geblieben. Die Substanz, welche der Dochtmischung zugesetzt ist und im Innern der Kohle sich befindet, wird bei der Temperatur des Lichtbogens vergast. Dadurch wird ein doppelter Vorteil erreicht. Erstens wird infolge der erhöhten Leitfähigkeit des Dochtes der Lichtbogen verlängert und die Leuchtkraft erhöht, und zweitens wird das Kreiseln und Zischen des Lichtbogens vermindert oder ganz beseitigt. Man nimmt bei Anwendung von Gleichstrom als obere (positive) Kohle eine Dochtkohle, als untere (negative) eine massive („homogene") Kohle, bei Wechselstrom sind beide Kohlen mit Docht versehen. Als Kuriosum sei erwähnt, daß Acheson Karborund als Dochtmaterial vorgeschlagen hat. Mignon und Rouard[5]) ließen sich einen Apparat patentieren, mit Hilfe dessen Kohle und Docht zugleich gepreßt werden können. Auch C. Braun hat eine derartige Vorrichtung beschrieben. Gegenwärtig wird die Dochtmasse in die bereits gebrannte Kohle eingepreßt.

Seit den Ausstellungen zu Paris 1881 und Wien 1883 hob sich die Kunstkohlenindustrie ganz bedeutend. Eine Reihe wichtiger Verbesserungen in der chemischen, wie in der mechanischen Richtung

---

[1]) Franz. Pat. 112024.

[2]) Proceedings of the institution of civil engineers, Bd. 52, 1877—78.

[3]) U. S. P. 210380.

[4]) D. R. P. No. 8253. Dieselbe Firma fabriziert gegenwärtig Kohlen mit sternförmigem Dochtquerschnitt.

[5]) Urbanitzky l. c. S. 261.

wurden infolge des erhöhten Interesses gemacht, das man dieser Industrie zuwandte. Was zunächst die Rohmaterialien betrifft, so wurden außer dem althergebrachten Retortengraphit[1]) alle möglichen Kohlenarten in Betracht gezogen. Man brachte den Graphit in Verwendung, der sich in verschiedener Beziehung empfahl; aber der steigende Preis der hochprozentigen Sorten (namentlich des Ceylongraphits) setzte dieser Verwendung Schranken, und man versuchte auf die verschiedenste Art unsere europäischen meist sehr aschenreichen Graphite zu reinigen.[2]) Besondere Erfolge wurden aber nicht erzielt, und man begnügte sich, den Graphit als Zusatzmaterial für Elektroden, Mikrophonkohlen und Schleifkontakte zu verwenden. Für die Herstellung von Lichtkohlen wurde immer mehr der Ruß in Anwendung gebracht. Schon Gaudoin hatte dessen Vorzüge erkannt, aber der damalige hohe Preis war der Verwendung des Rußes hinderlich. Aber mit dem Aufschwung der Kohlenfabrikation entwickelte sich eine Massenerzeugung desselben, wie sie vordem nicht geahnt wurde. Eine stattliche Anzahl von Rußfabriken ist gegenwärtig in Betrieb und gibt den größten Teil ihrer Produktion an die Kunstkohlenfabriken ab. Auch die Verwertung des Petrolkokses, d. i. der beim Crackingprozeß sich ergebenden blasigen, koksartigen Rückstände, führte zu sehr befriedigenden Resultaten. In Amerika hatte man zuerst dieses billige und aschenarme Rohmaterial in Verwendung genommen, in Europa benützten die Gebr. Siemens dasselbe zuerst zur Herstellung von Lichtkohlen zweiter Qualität.

Was die Verarbeitung der Kohle betrifft, so waren die Anwendung solcher Mischmaschinen, wie sie in der Teig-, Schokoladen- und Explosivstofffabrikation Verwendung finden, ferner die gründliche Bearbeitung der Mischung durch Koller, Stampfwerke und dergl., endlich die Anwendung höherer Drucke in den hydraulischen Pressen (300 bis 400 Atmosphären) beim Formen der Kohle wesentliche Fortschritte, durch welche die Herstellung homogener und dichter Kohlen ermöglicht wurde. Um die Ausbildung der Spezialmaschinen haben sich besonders F. Pemsel und J. C. Braun in Nürnberg[3]), sowie Dengg in Wien verdient gemacht.

Außerdem sind noch die folgenden Fabriken zu erwähnen: P. Sporer und J. Förster-Nürnberg, F. Haas-Ravensburg, Maschinenfabrik Atlas-Stockholm, Maison Morane-Paris.

---

[1]) Gewinnung s. Roedel, D. R. P. 93313.
[2]) Siehe 1. Kapitel, Graphit.
[3]) Uhlands Maschinen-Konstrukteur. 1892. S. 155.

Von besonderer Wichtigkeit aber war die Einführung der Gasfeuerung, welche den Glühprozeß zu einem gründlichen und rationellen gestaltete. In dieser Hinsicht benützte man die in den keramischen Industrien gemachten Erfahrungen. Bei kontinuierlichem und in größerem Maßstabe gehaltenem Betriebe sind die Ringöfen mit Gasfeuerung unübertroffen, sowohl was die Ökonomie der Heizung als was die Regulierbarkeit und die erreichbare Höhe der Temperatur betrifft. In neuerer Zeit hat man auch Heizung mit Wassergas versucht. Die verbreitetsten Ofensysteme sind das Meisersche (modifiziertes Escherichsches System) und das Mendheimsche. Auch Jehl hat einen Gasofen für das Glühen der Kohlen angegeben. Außer den beiden oben erwähnten Firmen entstanden in Deutschland zu Beginn der 80er Jahre zahlreiche neue. Namentlich in Nürnberg konzentrierte sich die neu aufblühende Industrie. Der Grund davon war die hier seßhafte Bleistiftfabrikation. Eine Reihe von Spezialmaschinen, Zerkleinerungs- und Spitzmaschinen, Pressen u. s. w. waren mit geringen Änderungen auf die Kohlenfabrikation übertragbar. Und so entstanden hier eine Reihe von Kohlenfabriken, sowie Maschinenfabriken, welche sich mit der Konstruktion von Spezialmaschinen befaßten. Unter diesen Kohlenfabriken hat sich namentlich die Firma C. Conradty mächtig entwickelt. Dieselbe ist im Jahre 1884 gegründet worden, 1897 wurde das früher Schmelzersche Werk mit ihr vereinigt, und gegenwärtig gilt ihr Etablissement für das größte der Branche. In Österreich bestand seit 1883 eine Fabrik gleicher Art F. Hardtmuth & Co. F. Hardtmuth war einer der ersten, welcher den Anthracit als Rohmaterial bes. für Elektroden in Anwendung brachte.

Neben dem inländischen Verbrauch machte namentlich der Export nach England und Amerika, wo man in den Vereinigten Staaten zwar viel aber minderwertige Ware erzeugte, diese Produktion zu einer bühenden. Eine ziemlich reichliche Erzeugung von Batteriekohlen, Zylindern u. s. w. infolge der immer größer werdenden Verbreitung der Leclanché- und Trockenelemente schloß sich an.

Es ist eigentümlich, daß England, welches anfangs lebhaft an der Entwicklung dieser Industrie Anteil nahm, später ganz aussetzte und seinen Bedarf vom Kontinent aus deckte. Trotzdem war es England, aus dem die erste größere Publikation über die Herstellung von Kohlenkörpern hervorging. Es waren O. Pritchards Mitteilungen im Electrician, welche 1890 gesammelt herausgegeben wurden.[1]) Dieses sonderbare Machwerk hatte den Zweck, der

[1]) The manufacture of electric light carbons. 1890.

englischen Industrie Methoden zur Herstellung guter Kohlenkörper zu liefern, damit man der fremdländischen namentlich deutschen Einfuhr mit Erfolg entgegenarbeiten könne. Diesen Zweck hat die Broschüre nicht erreicht und konnte ihn nicht erreichen, wie jeder ersehen kann, der in die oft abenteuerlichen und praktisch undurchführbaren Vorschläge des Verfassers Einblick nimmt.[1])

Ein wichtiger Fortschritt wurde 1893 durch die Erfindung von Girard und Street gemacht[2]), die Kohle im Lichtbogen in Graphit überzuführen, wodurch ihre Dichte und ihr Leitungsvermögen erheblich zunehmen. Die Kohle wird zuerst auf gewöhnliche Weise gebrannt und sodann in einem eigenen Ofen in einer indifferenten Atmosphäre der Hitze des elektrischen Lichtbogens ausgesetzt.[3]) Die Besitzerin der betreffenden Patente ist die Société le Carbone in Paris, die hervorragendste Firma Frankreichs, welche eine Fabrik in Levallois-Perret, zwei in Notre Dame de Briancon in Savoyen und eine Filiale in Frankfurt a/M. besitzt. Dieselbe wurde 1884 unter dem Namen Société Lacombe gegründet und 1892 in die gegenwärtige Firma umgewandelt.[4])

Die Idee der „Elektrographitierung" ist später von Acheson[5]), Wring[6]) und Castner[7]) aufgegriffen und verwendet worden (auch zur Herstellung ungeformten Graphites). Die künstliche Darstellung reinen Graphits kann mit Rücksicht auf den steigenden Preis des natürlichen von großer Bedeutung werden. In anderer Weise versuchte F. Bergmann die Fabrikation aschenfreien Graphits aus Calciumkarbid oder Acetylen.[8]) Besonders geeignet scheint die Graphitierung fertiger Kohlenkörper zur Herstellung von Stromabnehmern und Elektroden zu sein, für letztere besonders deshalb, weil der elektrisch hergestellte Graphit nach Härdén und Luzi zu der durch Oxydationsmittel nicht aufschwellbaren Modifikation gehört und daher in elektrolytischen Bädern sehr widerstandsfähig ist.

In den letzten Jahren hat die Kunstkohlenfabrikation eine vielseitige Entwicklung erfahren, welche in Kürze dargestellt werden soll.

---

[1]) Im Auszug in Günthers elektrot. Anzeiger. 1898.

[2]) Französ. Pat. 236406 v. 1894 und 230341 v. 1893 und D. R. P. 78926 und 85335.

[3]) Bulletin de la société internationale des électriciens. 1895.

[4]) Privatmitteilung.

[5]) U. S. P. 568323 und 645285, s. auch Borchers Zeitschr. f. Elektrochemie. 1897.

[6]) U. S. P. 598549 von 1898.

[7]) Engl. Pat. 19809 von 1893.

[8]) D. R. P. 96427, vergl. auch A. Schenk, Bergedorf. Belg. P. 145824 von 1899.

Zunächst hat die Herstellung von Elektroden sich sehr ausgebreitet, namentlich seit der fabrikmäßigen Herstellung des Calciumkarbids (1894). Die zahlreichen Karbidfabriken erforderten eine Massenfabrikation von Elektroden, welcher die bestehenden Fabriken nicht nachkommen konnten, so daß die älteren Werke sich erweiterten, neue gegründet wurden und einzelne größere elektrochemische Fabriken daran gingen, ihren Elektrodenbedarf selbst zu erzeugen (Werke in Neuhausen, Zabkowice „Electricité"). Für die Zwecke der Herstellung von Kohlenelektroden für Karbid-[1]), Karborund- und Graphiterzeugung war man nicht an die Verwendung aschenarmer Rohmaterialien gebunden und daher kam es, daß man im Interesse möglichst billiger Produktion auch andere Rohstoffe anwandte, unter diesen besonders Anthracit[2]), welcher ziemlich allgemein benützt wird, und Koks, welcher letztere allerdings auch für diese Zwecke meist zu hohen Aschengehalt zeigt. Größere Schwierigkeiten boten sich der Elektrodenindustrie in Bezug auf die Aluminiumfabrikation und die Elektrolyse wässeriger Lösungen (besonders der Chloralkalien). Ein unlängst erschienener Aufsatz von Winteler[3]) hat in dieser Hinsicht erwünschte Aufklärungen gebracht. Die verhältnismäßig rasche Zerstörung der Kohlen[4]) bei der Elektrolyse wässeriger Lösungen und die dadurch bedingte Verunreinigung der Elektrolyten in den Anodenräumen haben zu vielfachen Versuchen geführt, möglichst widerstandsfähige Kohlen herzustellen.[5]) So anerkennenswerte Erfolge auch erzielt wurden und so sehr sich auch die Qualität der Elektroden seit dem kurzen Zeitraum von fünf Jahren verbessert hat, wie sich der Verfasser durch zahlreiche Versuche überzeugen konnte, sind doch diese Schwierigkeiten nicht behoben, und es scheint, daß man trotz zahlreicher Konstruktionen[6]) bei der Elektrolyse der Chloralkalien neuestens wieder das Platin bevorzugt. Bei der Elektrometallurgie (namentlich bei schmelzflüssigen Elektrolyten) sind die Anforderungen an die Kohlenelektroden leichter zu erfüllen. Kohlenelektroden sind in folgenden Betrieben allgemein oder hier und da in Verwendung: Elektrolyse der Chloralkalien in wässeriger Lösung,

[1]) Siemens & Halske. D. R. P. 102964.

[2]) Jehl s. u. und Burke U. S. P. 655920. Shrewsbury und Debell (Electr. world 1895).

[3]) Zeitschr. f. Elektrochem. 1900.

[4]) Winteler, Zeitschr. f. Elektrochem. 1898. Zellner, Ebenda 1899. Förster, Zeitschr. f. angew. Chemie. 1901. Sproesser, Zeitschr. f. Elektrochemie. 1901.

[5]) Dr. Lessing, Elektrochem. Zeitschr. 1897.

[6]) Literatur: Dr. Peters, angewandte Elektrochemie, II. Bd. 1. Abt.

Chloratfabrikation, Darstellung von Phosphor, Ferrosilicium, Karborund, Calciumkarbid, Natrium, Aluminium, Magnesium, Zink und Kupfer, Rübensaftreinigung, elektrische Gerbung, Chloralgewinnung u. s. w.

Die elektrographitische Kohle wird infolge ihrer größeren Haltbarkeit vielleicht auch noch in anderen elektro-chemischen Industrien Verwendung finden können. Früher konnte sie nur in kleinen Stücken hergestellt werden, weshalb die Société le Carbone solche Stücke mit Ebonitschrauben zu größeren Kohlenkörpern vereinigte; gegenwärtig geht sie aber daran, Kohlenkörper von 20×20 cm Querschnitt im elektrischen Ofen zu brennen. Ein neues Verfahren von Rudolphs und Härdén[1]) gestattet Kohlenkörper von gleichem Querschnitt ohne Schwierigkeit auf elektrischem Wege zu „graphitieren“.

Die Entwicklung der Primärelemente hat zur Konstruktion einer sehr großen Zahl von Elementen geführt. Infolgedessen sind auch sehr verschiedene Kohlenformen allein oder in Kombination mit Braunstein in Verwendung gekommen. Vom chemischen Standpunkt aus bietet die Fabrikation der Elementkohlen weniger Interesse, wohl aber erfordert ihre Herstellung besondere maschinelle Einrichtungen (zerlegbare Preßformen, besondere Pressen).[2]) Man hat Batteriekohlen in Keil- und Kastenform, von trapez- und sternförmigem Querschnitt, Zylinder mit abschraubbarem Deckel, mit besonders gestalteten Köpfen zur Befestigung der Klemmschrauben[3]), mit durchgehender Höhlung für den Zinkstab, mit konisch erweitertem Fuß, mit besonders poröser Wand u. s. w. in Verwendung genommen, ferner Platten mit ⊓förmigem Querschnitt, endlich auch nicht geformte Kohle (Holzkohle, Graphit, gekörnte Retorten- und Kunstkohle) allein oder mit Braunstein gemischt. Zu vielen Trockenelementen werden auch homogene Lichtkohlen angewendet.

Die Lichtkohlenfabrikation hat in der letzten Zeit wenig Verbesserungen erfahren. Der hohe Preis der aus Ruß hergestellten Lichtkohlen, und der verhältnismäßig rasche Verbrauch derselben in den Lampen führte zur Anwendung billigerer und dichterer Rohmaterialien, wobei freilich öfters Kreiseln des Lichtbogens und größerer Abfall an Staub und Asche als Unannehmlichkeiten mit in Kauf genommen werden müssen. Die Brenndauer suchte man durch Imprägnierung mit Silikaten, Boraten, Phosphaten u. s. w. zu

---

[1]) D. R. P. 123692.
[2]) Maschinenfabrik Atlas, Stockholm und Dengg & Co., Wien.
[3]) C. Conradty, D. R. G.-M. No. 29464.

verlängern[1]), anderseits durch das gleiche Verfahren, die Lichtemission zu erhöhen, was schon Carré und Feußner versucht hatten.[2]) In anderer Weise haben Cabiran[3]) und Jehl[4]) die Aufgabe der Brennzeitverlängerung zu lösen versucht, welche schließlich durch die Dauerbrandlampen ihre vorläufige Erledigung fand. Für die letzteren werden bloß Homogenkohlen, welche mit Alkalien imprägniert sind, verwendet. Eine bessere Ausnutzung des Lichtes suchen auf originelle, aber technisch nicht einwurfsfreie Art zu lösen The open arc Co. in New York[5]) und die Berliner Patent-Verwertungsgesellschaft.[6]) Die Verkupferung der Kohlen, welche besonders in den Vereinigten Staaten beliebt sein soll, vielleicht weniger um den Widerstand herabzusetzen als um Schönheitsfehler der Kohle zu verdecken, hat in Europa nicht viel Anklang gefunden. am meisten noch bei sog. Dynamobürsten. Endlich sei noch erwähnt, daß die Firma J. Niewerth in Berlin Kohlen für farbiges Licht (mit Salzen imprägniert) in den Handel brachte. In letzter Zeit haben die Kohlen von H. Bremer (Neheim a/Ruhr), welche mit Fluoriden stark imprägniert sind und unter Bildung eines sehr langen Lichtbogens brennen, einiges Aufsehen erregt.

Während in Deutschland die Kohlenfabrikation hauptsächlich unter dem Einfluß der Nürnberger Fabriken bald den Charakter einer Massenherstellung möglichst billiger Produkte annahm, scheint in Frankreich die Tendenz zur Erzeugung hochwertiger aber auch teurerer Fabrikate vorherrschend zu sein. Die Verwendung der Kohle zu Mikrophonkonstruktionen und Schleifkontakten für Dynamos, Straßenbahnwagen u. s. w. stellte der Kunstkohlenfabrikation neue Aufgaben.

Die Kohlen zu Schleifkontakten (Bürsten), deren Anwendung schon 1885 von Prof. Forbes vorgeschlagen, aber erst seit 1892 praktisch durchgeführt wurde, und die Mikrophonkohlen, seit der Erfindung des Mikrophons (1877 und 1878) in Benutzung, aber erst später, freilich dann in außerordentlich mannigfachen Konstruktionen technisch verwendet, forderten neue und sorgfältig gewählte Mischungen der Rohmaterialien und besondere Genauigkeit in der Herstellung, zum Teil besondere Maschinen.

Auf diesem Gebiet sind in erster Linie zu nennen die Société

[1]) Roubal, franz. Pat. 251603 von 1895.
[2]) Urbanitzky l. c.
[3]) D. R. P. 81386 von 1895.
[4]) Siehe unten dessen Buch.
[5]) Deutsche Zeitschr. f. Elektrotechnik. 1898.
[6]) Elektrotechnische Zeitschr. 1898.

le Carbone in Paris und die Firma Rylander & Rudolphs in Stockholm (1883 gegründet).

Diese, natürlich nur in kleinen Dimensionen ausgeführten Kohlenkörper von verschiedenster Gestalt (Kugeln, dünne Platten, Prismen, Walzen u. s. w.) sind, was Leitfähigkeit, Festigkeit und tadelloses Aussehen betrifft, gegenwärtig die vollkommensten Produkte der Kunstkohlenfabrikation. Auch andere Firmen liefern Mikrophon- und Schleifkohlen, z. B. Gebr. Siemens, Planiawerke, C. Conradty, Dr. Lessing u. a.

In England bringt man neuerdings der dort arg vernachlässigten Kunstkohlenfabrikation größeres Interesse entgegen. Wenigstens erschien 1899 daselbst ein Buch von Francis Jehl[1]), das, im Gegensatz zu der oben erwähnten Schrift von Pritchard, eine genaue Kenntnis der bestehenden Fabrikationsweise zeigt und in ziemlich ausführlicher Art die in Deutschland und Österreich gebräuchlichen Maschinen, Öfen u. s. w. beschreibt. Auch neue Vorschläge enthält das Buch. Der Verfasser desselben beabsichtigt durch Mitteilung der deutschen und österreichischen Arbeitsmethoden der englischen, namentlich aber seiner vaterländischen, der nordamerikanischen Industrie, deren primitiven Zustand er schildert, die Mittel anzugeben, sich vom fremdländischen Import zu emanzipieren. In wirksamerer Weise scheint diese Absicht von den Vereinigten Staaten durch Erhöhung der Einfuhrzölle und Anwerbung europäischer Fachmänner erreicht zu werden. Die mächtige Entwicklung der elektrochemischen Industrie scheint dort das Interesse für die Kunstkohlenfabrikation rege gemacht zu haben. Ähnliches gilt für Rußland. Auf literarischem Gebiet ist namentlich von elektrochemischer Seite eine erfreuliche Zunahme einschlägiger Arbeiten und Mitteilungen zu konstatieren. Schließlich sei, um dem Leser ein beiläufiges Bild von der Verbreitung der Kunstkohlenindustrie zu geben, ein, soweit es mir möglich war, vollständiges Verzeichnis der europäischen Kunstkohlenfabriken mitgeteilt:

In Deutschland:

1. Dr. A. Lessing, Nürnberg (seit 1872).
2. C. Conradty, Nürnberg (seit 1884).
3. J. Fuchs (vorm. Schübel & Fuchs), Nürnberg.
4. Gebr. Siemens, Charlottenburg (seit Ende der 70er Jahre).
5. Planiawerke, Ratibor (vorm. F. Hardtmuth & Co., seit 1896).

---

[1]) The manufacture of carbons for electric lighting and other purposes, London.

6. „Union“, Kronach in Bayern.
7. Rhein. Fabrik für elektrische Bogenlichtkohlen. W. Grüdelbach, Dinslaken a. Rhein.
8. Dr. Meyer, Kalk bei Köln.
9. Schuckert & Co., Nürnberg.
10. Sächsische Bogenlichtkohlenfabrik Mulda in Sachsen (seit 1897).
11. Jos. Fieß, Sonthofen, Baiern.
12. J. Zeller, ebenda.
13. H. Bremer, Neheim a. d. Ruhr.

Erloschen sind: J. Niewerth, Berlin (1897), J. Schmelzer (1897 mit C. Conradty vereinigt), Joos in Stuttgart (1894?), Kohlenelektroden-Industrie-Aktien-Gesellschaft Hüningen im Elsaß (1900), Aktiengesellschaft für Trebertrocknung in Cassel (1901).

In Frankreich:

1. Société le Carbone, Paris, Notre-Dame de Briançon, Frankfurt a. M. (seit 1884).
2. Compagnie Française de charbons pour l'électricité in Nanterre.
3. Fabius Henrion, Nancy.
4. Compagnie de charbons de Mainbottel.
5. Compagnie des Électrodes, système Hardtmuth, Lyon, Vénissieux.
6. Filiale Schmelzer, Paris.
7. J. A. Berne vorm. Levy & Carré, Paris.

Erloschen sind: Gaudoin, Archereau (?).

In Österreich:

1. Schiff & Co., Schwechat bei Wien (1894?).
2. Österr. Schuckert-Werke, Wien.
3. Hesz, Wien (Batteriekohlen).

Erloschen sind: F. Hardtmuth & Co., Wien (1883—1898).

In England:

1. Atlas Carbon and Battery Co. Ltd., Southwark.
2. Kunstkohlenfabrik der British-Aluminium Co. Ltd., Greenock, Schottland.
3. Electric Carbon-Works, Brymbo bei Wrexham.
4. R. Blackwell, London, ?
5. Crompton & Co., ?
6. General-Electric Co., ?
7. Johnson & Phillips, ?

In Belgien:

Compagnie Internationale d'électricité, Lüttich.

In Holland:

Fabrik Elektra, Vierordt & Co., Rotterdam.

In Schweden:

Rylander & Rudolphs, Stockholm (seit 1883).

In Norwegen:

Aktieselskabet Electrisk Bureau, Christiania (?).

In Italien:

Società Italiana Elettrocarbonium, Rom (Narni).

In Rußland:

1. Siemens & Co., St. Petersburg.
2. Kudinowo bei Moskau.
3. Russ. Elektrizitätsgesellschaft Union, Riga.

In der Schweiz:

1. Aluminium-Industrie, Neuhausen.
2. Schweizer. Kohlen-Elektroden-Industrie, Olten.

In den Vereinigten Staaten gibt es mehrere Kunstkohlenfabriken, von welchen die National-Carbon-Company in Cleveland, Ohio, für die bedeutendste gilt. Ferner:

2. The Tremaine Carbon Co., Fostoria, Ohio.
3. Speer Carbon Co., St. Marys, Pennsylvanien.

Die folgende Darstellung der Kunstkohlenfabrikation ist in der Weise geordnet, daß der Leser den Gang der Herstellung schrittweise verfolgen kann. Zuerst werden die natürlichen Kohlen, deren Aufbereitung und Reinigung besprochen, hierauf die künstlichen Kohlensorten, wobei deren Gewinnung, soweit sie nicht allgemein bekannt ist, zur Darstellung gelangt. Daran schließt sich die Besprechung der Bindemittel und der Zusatzmaterialien. Nun folgt die Beschreibung der mechanischen Bearbeitung und zwar zunächst des Mahlprozesses, wobei die verschiedenen Mahlvorrichtungen, Sichtapparate und magnetischen Scheideapparate beschrieben werden, sodann des Mischprozesses der gemahlenen Kohle mit dem Bindemittel und endlich der verschiedenen Stampf- und Preßverfahren, durch welche die teigige Mischung die gewünschte Form erhält. Dabei werden die verschiedenen Stampfwerke, Pressen, Preßpumpen, Abschneidemaschinen, Bindformen u. s. w. besprochen. Daran schließt sich die Beschreibung des Glühprozesses, durch welchen

den Kohlenkörpern erst die nötige Leitfähigkeit und Härte verliehen wird, der dazu verwendeten Ofensysteme und des Betriebes derselben. Im Anschlusse daran wird das Glühen der fertigen Kohlenkörper im elektrischen Ofen beschrieben. Nun folgt die Darstellung der abschließenden Operationen, welche besonders be der Herstellung der Lichtkohlen von Bedeutung sind, aber auc sonst teilweise vorgenommen werden: Sortierung, Dochtung, I prägnierung, Verkupferung, Abschleifen, Spitzen, Polieren, V packung.

Endlich werden in kurzem die Verfahren beschrieben, n welchen die Rohmaterialien, Zwischenprodukte und Ganzfabrik geprüft werden können, und die Anforderungen besprochen, wel an die fertigen Kohlenkörper gestellt werden müssen.

Erster Abschnitt.

Die Rohmaterialien.

1. Kapitel.

Die natürlichen Rohmaterialien, ihre Aufbereitung und Reinigung.

Während die Brikettindustrie vorwiegend Steinkohle und erst in neuerer Zeit auch die Abfälle der Kokereien verarbeitet, ist die Anwendung der gewöhnlichen Steinkohle in der Fabrikation elektrischer Kohlen so ziemlich ausgeschlossen. Dies rührt daher, daß bei dem Glühprozeß, welchem die aus Kohlenpulver und Teer hergestellten Kohlenkörper unterworfen werden müssen, die aus den Steinkohlenpartikeln entweichenden Gase bewirken, daß der ganze Kohlenkörper porös und deformiert wird. Selbst der geringe Gasgehalt guter Anthracite wirkt schon schädlich und muß daher durch vorhergehendes Ausglühen beseitigt werden. Bemerkenswert ist, daß die Zersetzung des Bindemittels (des Teers), welche ebenfalls mit lebhafter Gasentwicklung verbunden ist, bei vorsichtiger Behandlung keine Aufblähung der Kohlenkörper bewirkt. Ebenso hat sich gezeigt, daß gerade die Anwendung sehr gasreicher Kohle als Zusatzmaterial (in geringer Menge) von Vorteil sein kann (s. backende Steinkohle).

Ein gemeinsamer Übelstand aller Naturkohlen ist ihr meist beträchtlicher Aschengehalt. Dadurch ist ihre Anwendung für gewisse Zwecke (z B. Lichtkohlenerzeugung) ausgeschlossen, für andere, bei welchen die durch den Aschengehalt verminderte Leit-

fähigkeit oder die chemischen Wirkungen der unorganischen Bestandteile in Betracht kommen, erschwert. Daher die zahlreichen Versuche, die natürlichen Kohlen auf mechanischem oder chemischem Wege zu reinigen. Die Naturkohlen leiten — mit Ausnahme des Graphits — den elektrischen Strom so gut wie gar nicht. Daher man nicht aus Steinkohle gesägte Platten als Elektroden verwenden kann, abgesehen von der Brüchigkeit des Materials.

1. Graphit.

Dieses für die Herstellung geformter Kohle am besten geeignete Material, welches von allen Kohlensorten das höchste Leitvermögen besitzt, wird in nur verhältnismäßig geringer Menge zu dem genannten Zwecke verwendet; der Grund hiervon ist der hohe Preis, welcher noch fortwährend im Steigen begriffen ist. Man verwendet daher Graphit nur zu solchen Kohlenkörpern, welche noch hoch im Preise stehen, also für Dynamobürsten, Mikrophonkohlen u. s. w.

Die natürlichen Graphite sind teils von blättriger, teils von erdiger Beschaffenheit; diese Struktur ist für die technische Verarbeitung von Wichtigkeit, weil blättrige Graphite, wie in der Bleistiftfabrikation schon lange bekannt, der feinen Mahlung Schwierigkeiten entgegensetzen. Leider sind aber gerade die reinsten Graphite von blättriger Struktur, weshalb man in verschiedener Weise Versuche gemacht hat, die erdigen Graphite auf mechanischem oder chemischen Wege von ihrem hohen Aschengehalte zu befreien.

Die Hauptmenge reinen Graphits (95—98 % C) liefert Ceylon (im J. 1898 30000 Tonnen).[1] Derselbe ist blättrig. Österreich ist der bedeutendste europäische Produzent (im J. 1901 33000 Tonnen), seine Graphite, welche in Böhmen[2]), Mähren, Nieder-Österreich und Steiermark[3]) gegraben werden, sind erdig und haben bestenfalls 86—88 % C, meist nur 40—70 %. Englands berühmter Cumberlandgraphit ist erschöpft. Desgleichen der bekannte Alibertgraphit der Batougolberge[4]) bei Irkutsk (97—98 % C). Jedoch sind an anderen

[1]) Dingl. polyt. Journ. 310, 226, doch sinkt die Produktion in den letzten Jahren.

[2]) Bischof, Dingl. polyt. Journ. 204, 148. Stolba, Chem. Centralbl. 1889, 1. Ragsky, Jahrb. der geolog. Reichsanstalt 1854. Belohoubek, Chem. Centralbl. 1880.

[3]) Stingl, Dingl. polyt. Journ. 199, 115.

[4]) Chem. Centralbl. 1891, II. 877.

Punkten Sibiriens (Tungulka, Jenissey) Graphite entdeckt worden.[1]) Außerdem besitzt das russische Reich in Vollhynien Graphitvorkommnisse.

Deutschlands Produktion ist gering, der einzige größere Fundort ist Passau, der dort gefundene Rohgraphit hat einen geringen Kohlenstoffgehalt, soll aber durch Aufbereitung auf circa 90 % C gebracht werden.[2]) Dieses Material heißt Flinz (Jahresproduktion 3000 Tonnen).

Außerdem findet man Graphit in Schweden (Fagerita, Westanfors), Frankreich (Dep. Arriège und Hautes Alpes), Spanien (Rondo, Granada), Portugal[3]) und Italien (Apennin s. u.).

Amerika scheint große Mengen Graphits zu fördern (Sonova, Taolumne Cy., Heurekagrube Kalifornien; Ticonderoga, New York; Colfax-County, Neu-Mexiko; Buckingham, Kanada).

Zusammensetzung[4]) einiger bekannter Graphitsorten:

	Asche	C	H und Sonstiges	H_2O	Spec. Gewicht
Ceylon, reinste Qualität . .	1,2—6	94—98,8	—	0—0,5	2,05—2,35
Cumberland, England . . .	7,35—13	81—91,6	1,1—3,1 (H und Sonstiges + H_2O)		2,24—2,59
Passau (roh)	41,8—63,3	31,7—54,5	—	2,7—5	2,3
Mugran, Böhmen (gereinigt) .	4,8—6,3	90—91	2,85—4 (H und Sonstiges + H_2O)		2,12—2,23
Obersteiermark	25,14	73,8	1,05	2,39	—
Westanfors (Schweden) . . .	47	47	—	5,5	—

Da die wenigsten der genannten Graphite rein genug sind, um für die Zwecke der Kohlenfabrikation verwendet werden zu können, da nur Graphite von höchstens 10 % Aschengehalt brauchbar sind, so ergibt sich die Notwendigkeit, dieselben zu reinigen.

Die mechanische Reinigung durch bloßes Schlämmen hat hauptsächlich auf die Feinheit des Produktes, weit weniger auf seinen Aschengehalt Einfluß, da ja die Hauptmenge der unverbrennlichen Bestandteile in ungemein feinverteilter Form vorhanden ist. Angesichts dieser Tatsache ist die Beobachtung W. Luzis[5]) von Interesse, daß manche Graphite mit rauchender Salpetersäure befeuchtet

[1]) Chemic. News. 57, 36.

[2]) Öster. Berg- u. hüttenmänn. Zeitg. 1890.

[3]) Knoblauch, Polyt. Journ. 192, 493.

[4]) Graphitanalysen siehe auch Mené, Compt. rend. 64, 1091. Muspratt, Artikel Kohlenstoff, Chem. Centralblatt 1880, 1884, 1889, 1891. Dingl. polyt. Journal und Österr. Berg- und hüttenmänn. Zeitg. (diverse Jahrgänge).

[5]) Berl. Ber. 1891. 40, 85.

beim Erhitzen sich in eine sehr voluminöse Modifikation umwandeln Ich habe gefunden, daß solche Graphite, in elektrolytischen Bädern als Anoden verwendet, dieselbe Ercheinung zeigen. Andere Graphite zeigen diese Eigenschaft nicht. Luzi nennt diese letztere Modifikation Graphitit[1]). Sie soll auch schwerer verbrennlich sein als die erstgenannte. Die aufgeblähte Modifikation läßt sich durch starken Druck wieder in abfärbenden, glänzenden Graphit überführen.

Nach Luzi[2]), Moissan[3]) und F. Sestini[4]) verhält sich eine Reihe von Graphiten folgendermaßen:

Gruppe I, sog. Graphit, bläht sich auf:

Ceylon; Ticonderoga, Amity (Staat New York); Massachusetts; Greenville (Ontario); Argenteuil und Buckingham (Kanada), amerik. Pegmatit.

Borowdale (England).

Italien. Graphite (Monte Rosa, Calabrien, Premella).

Bamle, Skûtterûd (Norwegen).

Marbach, N.-Ö.; Pfaffenreuth.

Spanische Graphite.

Gruppe II, sog. Graphitit, bläht sich nicht auf.

Altstadt (Mähren); Krumau, Scharzbach, Mugrau (Böhmen); Passau (Bayern); Diedelkopf (Tirol); sächs. Graphit (Burkhardtswalde); Fichtelgebirge.

Irkutsk, Tungulka (Sibirien); Storgård (Finnland), Karsok und Omesnack (Grönland); Colfax-County (Neu-Mexiko); South-Australia.

Takaschimitza (Japan); Sevigliani, Monte Pisano (Italien); elektrisch hergestellter Graphit.

Um im kleinen diese Eigenschaft zu prüfen, nimmt man am besten gekörnten (nicht pulverisierten) Graphit, befeuchtet ihn mit Salpetersäure von 1,52—1,54 spez. Gew. und erhitzt bis zur Rotglut, wobei sich die Masse mehr oder weniger stark voluminös aufbläht. Im großen wird nach Luzi[5]) der Graphit mit konz. Salpetersäure befeuchtet in eisernen Retorten geglüht, wobei die Salpetersäure entweicht.

---

[1]) Dr. E. Weinschenk (Der Graphit, Hamburg 1899) bestreitet, daß Graphit und Graphitit verschiedene Modifikationen seien.

[2]) Berl. Ber. 1891. 40, 85. Ebenda 1893, 216.

[3]) Compt. rend. 121, 540.

[4]) F. Sestini, Gaz. chim. ital. 25.

[5]) D. R. P. 66804.

Der Graphit bläht sich zu wurmähnlichen und verfilzten Gebilden auf. Man bringt dieselben in Wasser, auf welchem sie schwimmen, während die Mineralsubstanz zu Boden sinkt.

Auf andere Weise wollen die Gebr. Bessel[1]) die Trennung des Graphits von den Aschenbestandteilen mit Hilfe von Wasser erreichen. Man mengt den Graphit mit fetten Ölen, Harzen, Kohlenwasserstoffen[2]) u. dgl. (1—10 $^0/_0$ vom Gewicht des Graphits) und rührt ihn mit auf 30—40° C. erwärmtem Wasser gut an. Nun wird in der Flüssigkeit ein Gasstromerzeugt, welcher den Graphit an die Oberfläche des Wassers hebt, während die Gangart am Boden zurückbleibt. Der Gasstrom kann erzeugt werden, indem man die Flüssigkeit zum Kochen erhitzt oder dem Graphitpulver kohlensauren Kalk einverleibt und zu dem Wasser allmählich Salzsäure hinzufließen läßt. Das Verfahren gelingt vorzugsweise mit den schuppigen Varietäten des Graphits.

Die beiden erwähnten Methoden zielen darauf ab, Kohlenstoff und Gangart auf grund ihrer verschiedenen spez. Gewichte zu trennen.

Auf chemischem Wege läßt sich der Graphit gut reinigen. Die von Jacquelain für Retortengraphit angegebenen Methoden sind auch hier verwendbar. Schmelzen mit Ätznatron liefert ganz gute Resultate. Die beiden folgenden Versuche sind zu technischen Zwecken mit möglichst geringen Mengen Ätznatron ausgeführt worden.

1. Angeblich mexikanischer Graphit, feinst geschlämmt, 2,74 $^0/_0$ Wasser, 15,1 $^0/_0$ Asche enthaltend, wurde mit 20 $^0/_0$ seines Gewichts Ätznatron geglüht, mit Wasser, hierauf mit Salzsäure und destilliertem Wasser gewaschen, worauf der Aschengehalt 2,08 $^0/_0$ betrug.

2. Schwedischer Graphit (Westanfors), feinst geschlämmt, 5,19 $^0/_0$ Wasser, 47,11 $^0/_0$ Asche enthaltend, mit 80 $^0/_0$ Ätznatron geglüht, sonst wie oben. Asche nach der Reinigung 1,79 $^0/_0$.

Schlöffel[3]) reinigt mit Salzsäure, sodann mit Ätznatron, glüht hierauf mit Soda und wäscht aus. Winkler[4]) schmilzt mit Soda und Schwefel, wäscht heiß aus, kocht dann zur Beseitigung des Eisens mit Salzsäure, wäscht abermals, und kocht endlich zur Beseitigung der Kieselsäure mit Lauge aus. Nach einem anderen Verfahren[5]) wird

[1]) D. R. P. 42 und D. R. P. 39369. Chem. Centralblatt 1878, S. 304.

[2]) In Passau reinigt man den Graphit in ähnlicher Art mit Erdöl. Putz, Jahrb. des naturhist. Vereins in Passau 1883—1885.

[3]) Jahresb. für chem. Technologie 1866.

[4]) Dingl. polyt. Journ. 182, 405.

[5]) Dingl. polyt. Journ.

das Eisenoxyd durch Glühen in Retorten unter Luftabschluß reduziert und dann mit Salzsäure entfernt. Die Silikate bleiben hierbei unverändert, die Reduktion erfolgt auf Kosten des Graphitkohlenstoffes. Weit besser ist die Reinigung mit Flußsäure. Der Aschengehalt läßt sich je nach der Konzentration und Temperatur der angewendeten Flußsäure bis auf einige Zehntelprozente herabdrücken (siehe Anthracit). Natürlich lassen sich die Verfahren auch kombinieren, was übrigens für technische Zwecke zu umständlich und teuer ist.

Pritchard[1]) reinigt Graphit auf folgende Art: der angewendete Graphit darf nur geringe Mengen Asche enthalten. Auf 18 Gewichtsteile Graphit nimmt man 1 Gewichtsteil chlorsaures Kali und 36 Gewichtsteile Schwefelsäure von 1,8 spez. Gew. Man erwärmt, bis kein Chlor mehr entweicht, gießt den Überschuß der Schwefelsäure ab und fügt eine kleine Menge Fluornatrium zu dem Graphitbrei hinzu. Schließlich wird gut gewaschen und der Graphit auf Rotglut erhitzt, wobei er eine lockere, flockige Masse bildet.

Ganz ähnlich verfährt Brodie[2]), nur nimmt er 1 Teil Kaliumchlorat auf 14 Teile Graphit und 28 Teile konz. Schwefelsäure, erhitzt mit Dampf und läßt die Behandlung mit Fluornatrium weg. Nach Gottschalk[3]) verbrennt bei dieser Prozedur mit chlors. Kali ein beträchtlicher Teil des Graphits.

R. Rickmann will die Reinigung durch Behandlung mit Fluornatrium und Fluorammonium bei Glühhitze durchführen[4]), die Gebrüder Douglas wenden Fluorwasserstoff und Alkalibisulfat zur Beseitigung der Mineralbestandteile an.[5])

In etwas anderer Weise verfährt Dr. Langbein.[6]) Derselbe reinigt den Graphit, indem er ihn mit Wasser anrührt und mit sehr konzentrierter Schwefelsäure in der Wärme behandelt, wodurch die Silikate unter Bildung von Aluminiumsulfat und Abscheidung von Kieselsäure aufgeschlossen werden. Nun wird durch Dekantation gewaschen, mit konzentrierter Natronlauge im Autoklaven erhitzt, um die Kieselsäure zu lösen, und hierauf wieder gewaschen. Neuerdings wendet Langbein[7]) doch auch Fluorwasserstoff an.

---

1) The manufacture of electric light carbons. 1890.
2) Dingl. polyt. Journ. 139, 215. 166, 398.
3) Journal f. prakt. Chemie 95, 324.
4) D. R. P. 53913.
5) D. R. P. 119592 von 1899.
6) D. R. P. 109533.
7) D. R. P. 125304 von 1900. Reinigung mit Fluorammonium und konz. Schwefelsäure und hierauffolgende Behandlung mit Lauge.

Die technische Ausführung dieser Reinigungsverfahren stößt namentlich, wenn in größerem Maßstabe gearbeitet werden soll, auf beträchtliche Schwierigkeiten. Wendet man Reinigung auf nassem Wege (mit Säuren oder Basen) an, so kann man wohl Gefäße aus Metall (Eisen oder Blei) benützen, jedoch ist zu berücksichtigen, daß man in diesem Fall ein galvanisches Element: Graphit — Säure oder Lauge — Metall vor sich hat, in welchem das Metall als Lösungselektrode funktioniert und daher stark angegriffen wird.

Noch schwieriger gestaltet sich die Behandlung der Kohle mit Reagentien bei Glühhitze. Man verfährt am besten so, daß man die nötige Menge des Reagens (Ätznatron, Fluornatrium u. dgl.) in so viel Wasser löst, daß die Lösung mit dem Graphitpulver gemischt einen steifen Teig bildet, welchen man in die Glühtiegel einstampft. Als Glühtiegel haben sich am besten solche aus reiner Kohle bewährt, welche zum Schutz vor dem Verbrennen in gußeiserne Tiegel eingesetzt werden.

Das Aufkochen des Graphits mit verdünnten Säuren und Wasser kann in Bottichen aus geteertem Kiefer- oder Pitchpineholz ausgeführt werden. Hierbei ist zu bemerken, daß der feinverteilte Graphit Salze und Säuren hartnäckig festhält und man daher ziemlich große Mengen destillierten Wassers benötigt, um dieselben auszuwaschen. Jedoch ist dieser Übelstand hier nicht so groß wie beim Anthracit.

2. Anthracit.

Dieses Rohmaterial findet immer mehr und mehr Eingang in die uns beschäftigende Industrie. Der geringe Gasgehalt, die verhältnismäßig unbedeutende Menge Asche der guten Anthracite lassen dieselben als billiges und sehr taugliches Material für alle jene Kohlenkörper erscheinen, bei welchen es auf besondere Aschenfreiheit nicht ankommt, also namentlich für alle Arten von Elektroden für elektrochemische Zwecke, deren Verbrauch bereits ein riesiger geworden ist und welche bei den meist beträchtlichen Dimensionen sehr große Mengen von Kohlenmaterial zu ihrer Herstellung bedürfen. Auch zur Herstellung der Beleuchtungskohlen hat man Anthracit verwendet, welcher allerdings in diesem Falle außer auf mechanischem Wege, wie dies allgemein gebräuchlich, auch noch auf chemische Weise gereinigt werden muß, worauf wir unten zu sprechen kommen werden.

Im folgenden gebe ich eine Übersicht über eine Reihe guter Anthracite:

	Herkunft	Asche	Gas	Kohlenstoff	Koks	Spezifisches Gewicht	Feuchtigkeit	
Amerika	West-Virginien	4,40	6,85	—	86,3	—	2,45	
	Kolorado . .	4,00	6,59	—	88,6	—	0,59	
	Pennsylvanien	3,97	—	—	—	1,58—1,43	—	grobmuschelig, grünlich glänzend, Asche weiß.
	Swansea . . .	1,7	—	90,58	—	—	—	
England	Glyn-Castle .	1,32	—	91,67	—	—	—	tiefschwarz, wenig glänzend.
	Wales . . .	1,7-3,6	7—8	90—92,5	—	1,25—1,7	2,27	flach kleinmuschelig, stark glänzend.
	engl. Anthracit	2,07	5,1	—	90,8	—	2	
	Belgien . . .	7-8,4	6,26—7,3	—	—	—	—	
	Westfalen (Piesberg) .	3,4-6,9	5—11	85—88	—	1,55—1,63	—	stark schiefrig, blättrig, grau, wenig glänzend.
Frankreich	Isère	4,0	—	94	—	—	—	
	Sablé	6,9	—	87,2	—	1,34—1,75	—	
	Vizille . . .	1,9	—	94	—	—	—	
	Budweis (Böhmen) .	2-10	7—8	84	—	1,46—1,52	2,27	muschelig, ziemlich glänzend.
Rußland	Gruschefka .	1-5	6—17	—	72—91	1,642	2—3	stark geschichtet, außerordentlich glänzend.
	Neswitaja . .	2,9	6	—	90	—	—	
	Novopaulowsk	2-5,7	6—8,6	—	87—91	—	—	

Die besten Anthracite sind die englischen und nordamerikanischen, sowohl wegen ihres geringen Aschengehaltes überhaupt, als insbesondere wegen des geringen Prozentsatzes an Schwefel. Der in der Kohle vorhandene Pyrit bietet nämlich einer excessiven Reinigung auf nassem Wege große Schwierigkeiten. Da die chemische Reinigung erfahrungsgemäß bei geglühtem entgasten Material viel besser vor sich geht als bei rohem, so ist man genötigt, vor der Reinigung eine Entgasung (am besten bei mäßiger Rotglut) vorzunehmen. Bei dieser Prozedur muß sich offenbar der Körper FeS_2 in Schwefeleisen, FeS, umwandeln, welches bekanntlich durch Mineralsäuren leicht zersetzt wird. Trotzdem zeigen die gereinigten Kohlen auch bei feinster Mahlung einen merklichen Gehalt an Asche (hauptsächlich aus Eisenoxyd bestehend), welcher nahezu parallel mit dem Pyritgehalt der Kohle ansteigt. Wahrscheinlich ist bei der angegebenen Temperatur die Umwandlung des Pyrits in einfach Schwefeleisen nur eine teilweise, und da der Pyrit durch Salz- und Flußsäure nur sehr wenig angegriffen wird, so ist sein Zurückbleiben in der Kohle erklärlich. Ein, wenn auch geringer Gehalt an Eisen ist aber gerade für den Zweck, um des willen man den

Anthracit chemisch reinigt, nämlich zur Herstellung von Lichtkohlen, sehr nachteilig, da das Eisen, sobald es in den Lichtbogen gelangt, die Ruhe desselben in unangenehmer Weise beeinflußt. Man muß deshalb durch möglichst sorgfältige Aufbereitung den Pyrit zu beseitigen suchen, was zum Teil durch Aussuchen, zum Teil durch nasse Aufbereitung auf der Feinkornsetzmaschine bewerkstelligt wird.

Aber auch dann, wenn die aus Anthracit erzeugten Kohlenkörper einen höheren Aschengehalt zeigen dürfen, und daher das Rohmaterial nicht chemisch gereinigt werden muß, ist die Anwesenheit von Eisensulfid in den fertigen Kohlenkörpern sehr unangenehm, da bei elektrolytischen Prozessen die Bildung von Schwefelsäure, Eisensulfat oder Schwefelwasserstoff oder bei Schmelzprozessen die Bildung von Sulfiden u. dgl. störend wirken kann.

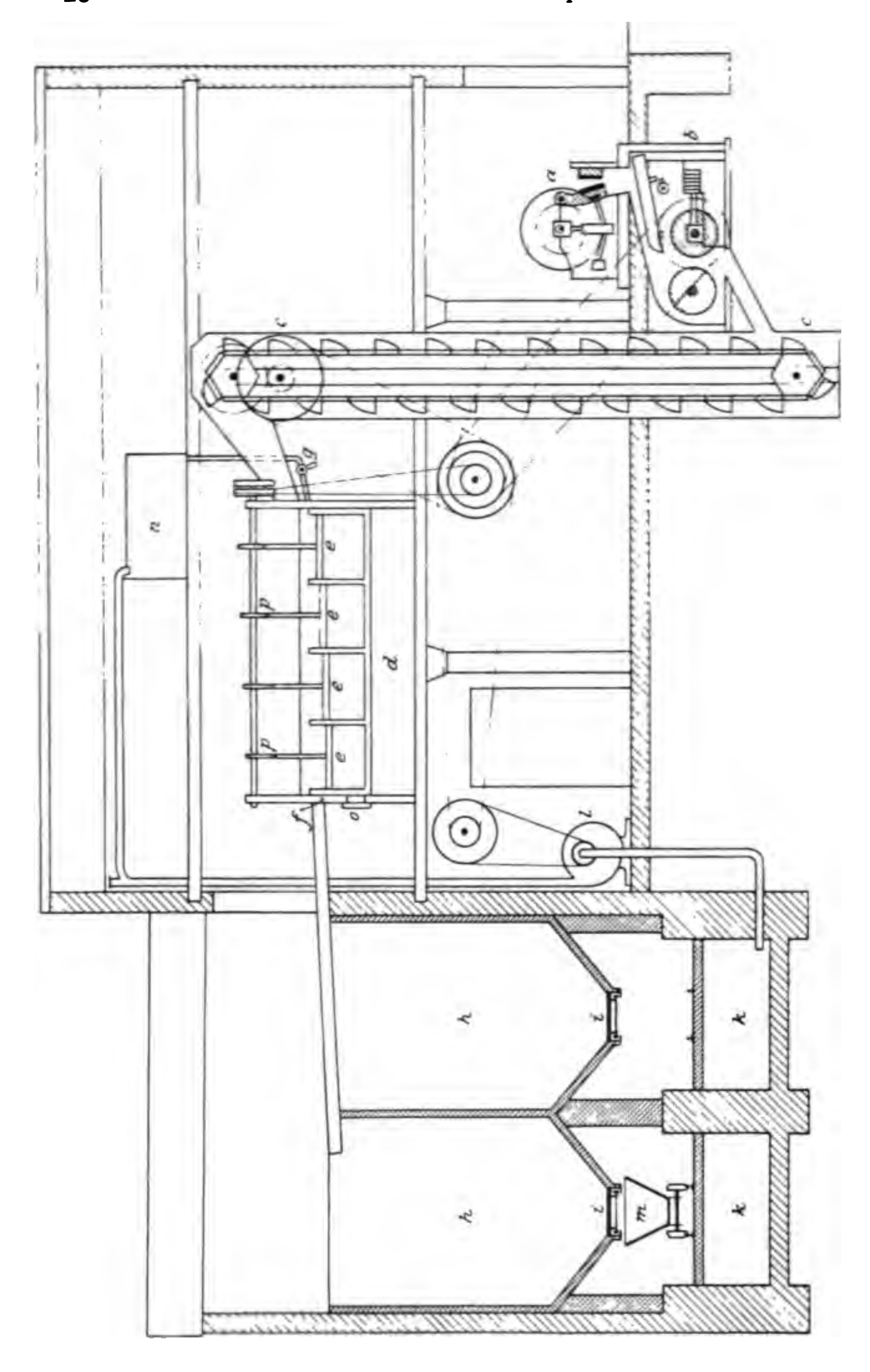
Deshalb empfiehlt es sich, für jeden Fall eine mechanische Reinigung der Rohkohle vorzunehmen. Eine recht praktische Anordnung der diesbezüglichen Apparate zeigt die Figur 1. Der rohe Anthracit wird, nachdem er zerschlagen und von groben Gesteinsstücken u. dgl. durch Aussuchen befreit ist, auf dem Steinbrecher *a* und hierauf auf einem Schrotwalzenstuhl *b* auf Erbsen- bis Haselnußgröße[1]) zerkleinert, durch ein Becherwerk *c* hochgehoben und in die Feinkornsetzmaschine *d* gebracht. Die Konstruktion derselben ist die bekannte: *e* sind die quadratischen, durch Exzenter *p* bewegten Kolben, *q* (Fig. 1b) die heraushebbaren Drahtnetze, auf welchen Feldspatgeschiebe oder Kiesel von Haselnußgröße *r* gelagert sind, *s* bedeutet den Schieber für die Austragrinne *t* der „Berge". Durch die Öffnung *f* wird die gereinigte Kohle mit Hilfe des Wasserstromes, der bei *g* eintritt, in die hölzernen Taschen *h* befördert, aus welchen das Wasser bei den Schiebern *i* abtropft und in ein darunter befindliches Reservoir *k* gelangt, aus welchem es mit Hilfe der Zentrifugalpumpe *l* wieder zum Wasserbehälter *n* hinaufgehoben wird, von wo es zum Setzkasten herabfließt.

Die von der Hauptmenge des Wassers befreite Reinkohle fällt durch die Schieberöffnungen in kleine Wagen *m*, welche auf einem Schmalspurgeleise laufen. Ein Setzkasten von circa 4 m Länge und 1,7 m Breite liefert in Verbindung mit 4 Taschen von 2,5 m Höhe und 2 m Breite in 24 Stunden ungefähr eine Waggonladung (10000 kg) gewaschenes Material.

Der Effekt der Waschung ergibt sich aus folgenden Zahlen,

---

[1]) Viel kleiner darf die Korngrösse wegen der darauffolgenden Entgasung nicht gewählt werden.



welche bei der Verarbeitung von russischem Anthracit (Dongebiet) erhalten wurden:

	Asche der Rohkohle	Schwefelgehalt der Rohkohle	Asche der gewaschenen Kohle	Schwefelgehalt der Berge
I	3 %	0,92 %	2 %	27,3 %
II	6,27 „	1,15 „	3,7 „	25,8 „
III	3,5 „	—	2,1 „	—

Die Berge, welche neben Pyrit und Gangart noch erhebliche Menge Kohle enthalten, können nochmals geschrotet und gewaschen werden. Sie sind weder als Heizmaterial noch als Rohmaterial für die Schwefelsäurefabrikation empfehlenswert.

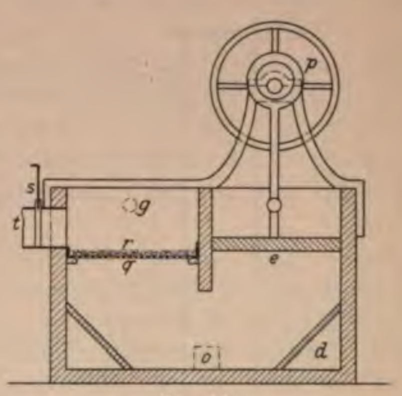


Fig. 1b.

Die Kosten der Reinigung betragen bei einer Vorrichtung von der oben angeführten Größe 0,44 Mk. pro 100 kg gewaschener Kohle (inklus. 5 % Materialverlust). Zur Bedienung genügen zwei Mann.

Der mechanisch gereinigte Anthracit muß nun vor seiner weiteren Verarbeitung von dem anhaftenden Wasser befreit werden. Dies geschieht am besten auf Rüttelblechen, welche mit schmalen länglichen Löchern versehen sind und durch eine Exzentervorrichtung bewegt werden. Unterhalb der Rüttelbleche liegen Eisenplätten, welche durch eine darunter befindliche Feuerung oder durch die Abhitze anderer Öfen erwärmt werden. Die getrocknete Kohle fällt in Kippwagen, welche auf einem Schmalspurgeleise laufen.

Vor der Mahlung muß der Anthracit einem Glühprozeß unterworfen werden, gleichgültig, ob er einer chemischen Reinigung auf nassem Wege unterzogen wird, oder ungereinigt verwendet wird; im ersten Falle, um, wie bereits erwähnt, eine genügend weitgehende Reinigung zu ermöglichen, im zweiten deshalb, weil Kohlenkörper aus unentgastem Anthracit beim Glühprozeß, welchem sie zur Fertigstellung unterzogen werden müssen, zahlreiche Risse und Sprünge bekommen und oft vollends zerreißen. Doch gelingt es, durch Mischung von entgastem und unentgastem Anthracit brauchbare Gemenge herzustellen, wodurch wenigstens an einem Teil des Rohmaterials die Arbeit und die Kosten der Entgasung erspart

werden. Wird der Anthracit einer Reinigung durch schmelzendes Ätznatron, Soda u. dgl. unterzogen, so erfolgt die Entgasung gleichzeitig mit dem Reinigungsprozeß.

Sind bloß kleinere Mengen des Anthracits dem Entgasungsverfahren[1]) zu unterwerfen, so bedient man sich am besten dazu jener Chamottetiegel und jener Öfen, welche zum Brennen der bereits gepreßten Kohlenkörper dienen und weiter unten beschrieben werden (siehe auch Petrolkoks).

Die Entgasung in Retorten, wie es bei der Aufarbeitung großer Mengen nötig ist, gestaltet sich schwierig, und zwar deshalb, weil der Anthracit beim Entgasen sein Volumen stark verkleinert und daher die einzelnen Stückchen sich so fest an- und zwischeneinander lagern und mit ihren Kanten und Flächen einander stützen, daß bei Retorten, welche unter 30° geneigt sind, die Entleerung nicht durch einen von oben erteilten Stoß und darauffolgendes Abrutschen des Materials bewerkstelligt werden kann, ja, daß selbst bei vertikal stehenden Retorten leicht eine Verstopfung der unteren Mündung vorkommt. Ein zweiter Übelstand ist der, daß die Entleerung womöglich unter Luftabschluß vorgenommen werden soll, weil sonst oberflächliche Verbrennung und dadurch beträchtliche Anreicherung des Aschengehaltes erfolgt. Trotz zahlreicher Versuche, diese Schwierigkeiten zu beheben, ist die Retortenentgasung des Anthracits bisher nicht in befriedigender Weise gelöst, und es ist daher sicherer, wenn auch weit zeitraubender und kostspieliger, die Entgasung in Tiegeln vorzunehmen. Eine Konstruktion von F. v. Hardt-

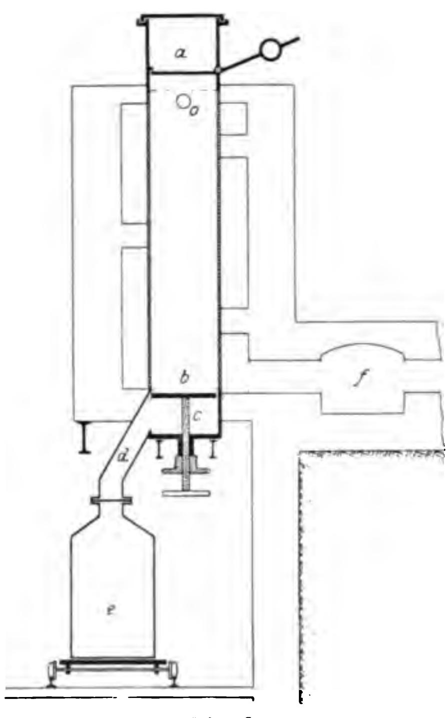


Fig. 2.

[1]) Es ist zu bemerken, daß der Anthracit in Pulverform nicht entgast werden kann, weil die Körnchen beim Glühen nicht zusammenfritten

muth will ich indes nicht unerwähnt lassen, weil sie vielleicht einer Vervollkommnung fähig ist (Fig. 2). Bei derselben wird die Entgasung in stehenden Retorten vorgenommen, welche oben und unten mit gußeisernen Köpfen geschlossen sind. Der obere trägt eine Füllvorrichtung *a*, der untere besitzt einen mit Hilfe eines steilen Gewindes *c* beweglichen inneren Boden *b*, bei dessen Abwärtsbewegung das in der Retorte befindliche Material durch das Seitenrohr *d* in ein darunter befindliches schmiedeeisernes Gefäß *e* fällt. Ist das letztere gefüllt, so wird es abgeflanscht, durch Hochheben des beweglichen Bodens das Herabfallen des Anthracits sistiert, sodann das Gefäß auf einem Rollwagen entfernt. Die Mündung desselben wird sofort mit einem Asbestring und einer gußeisernen Scheibe wohl verschlossen und der Anthracit darin erkalten gelassen, während ein zweites Auffangegefäß an den Ansatz der Retorte angeflanscht und gefüllt wird. Die beim Glühen durch die Öffnung *o* entweichenden Gase gehen in die Feuerung *f*.

Der entgaste und erkaltete Anthracit wird nun der Mahlung unterworfen (s. das 4. Kapitel).

Soll derselbe für Lichtkohlen tauglich sein, so muß er nunmehr einer chemischen Reinigung unterzogen werden. Im größten Maßstabe hat F. von Hardtmuth, der überhaupt den Anthracit zur Grundlage seiner ganzen Kunstkohlenfabrikation machte, das Reinigungsverfahren auf chemischem Wege durchgeführt und hat auch die Apparatur desselben, welche sehr kompliziert ist, ausgebildet. Die Anlage, welche durch J. Eckelt (Berlin) ausgeführt und in den Jahren 1895—98 in Betrieb war, konnte bei kontinuierlichem Betriebe 2—3 Waggonladungen wöchentlich verarbeiten.

Die Kostspieligkeit des Verfahrens, die Kompliziertheit und Gefährlichkeit des Betriebes, bei welchem mit ungeheuren Massen konzentrierter Flußsäure gearbeitet wurde, waren die Ursachen, weshalb diese Arbeitsweise gänzlich aufgegeben werden mußte.

Da jedoch die Reinigung des Anthracits eine sehr gründliche war und das Verfahren daher im kleineren Maßstab brauchbar sein kann, weil ferner die Herstellung der Flußsäure im großen noch nicht allgemein bekannt, vielmehr das in den technologischen Werken darüber Gesagte meist sehr dürftig, oft auch unrichtig ist, so halte ich eine kurze Darstellung des Hardtmuthschen Flußsäurereinigungsverfahrens nicht für überflüssig.[1])

---

[1]) F. Jehl, The manufacture of carbons, VI. Cap., „a new raw material", hat zuerst dieses Verfahren eingehend beschrieben. Siehe auch Brandt, Chemiker-Zeitung 1901, No. 89, S. 980.

Der Rohanthracit, welcher einen Aschengehalt von 3—6 % zeigte, wurde zunächst den bereits beschriebenen Verfahren des Zerkleinerns, der mechanischen Reinigung, Trocknung und Entgasung unterworfen, hierauf auf Zentrifugalwalzenmühlen sehr fein gemahlen und gesichtet. Hierauf folgte die chemische Reinigung.

Wie aus Figur 3 ersichtlich, war die ganze Anlage der Reinigungsapparate terrassenförmig angeordnet, um den Transport des breiigen Gemisches von Kohle und Säuren möglichst einfach zu gestalten. Auf der obersten Etage befanden sich 3 gußeiserne flache Kessel *a* mit Rührwerk. Das Innere derselben, sowie das Rührwerk, waren mit 12 mm dicken Bleiplatten überzogen. Das Einbringen des Anthracitmehles erfolgte durch ein Paternosterwerk mit beweglichem Arm, das Einfüllen der Flußsäure[1]) durch das dickwandige Bleirohr *b* mit Hilfe von 3 Montejus aus Gußeisen, deren Inneres und deren Ventile aus Hartgummi bestanden. Dieselben standen in Verbindung mit einem hölzernen, ebenfalls ausgebleiten Reservoir. Die verwendete Flußsäure zeigte circa 25 % Bé. Das Reservoir sowie die 3 Montejus befanden sich in einem Nebenraume.

Nach der Mischung der Kohle mit der Säure, welche unter Erwärmung und Entwickelung von Schwefelwasserstoff erfolgt, wurde die breiige Masse 4 — 6 Stunden lang ziemlich langsam gerührt (3 Touren in der Minute) und nach Ablauf dieser Zeit durch die Ventile *c* in die großen schmiedeeisernen Kessel *l* abgelassen; dieselben waren homogen verbleit (d. h. erst verzinnt und sodann das Blei aufgelötet). Durch das Rohr *d* trat gespannter Dampf in den Kessel, welcher mit Hilfe einer spinnenartigen Bleirohrkonstruktion *e* auf der Bodenfläche in mehrere Strahlen geteilt wurde. In der Zeichnung bedeutet *d* die Dampfleitungen. Man ließ nun 8—10 Stunden lang Dampf in den Kohlenbrei einströmen, welcher dadurch natürlich dünnflüssiger wurde und bald ins Kochen geriet. Nach Beendigung des Kochens wurde die Kohle absetzen gelassen, die darüber stehende verdünnte und mit Salzen verunreinigte Flußsäure mit Hilfe eines Kautschuckschlauches abgehebert und durch das Bleirohr *f* in das hölzerne, ebenfalls ausgebleite Reservoir *g* ablaufen gelassen. Nach dem Abkühlen wurde diese Säure aus dem Reservoir durch Preßluft, welche von dem Windkessel *h* und diesem durch die Leitung *i* von der Pumpe *k* geliefert wurde, in die später zu beschreibende Flußsäureanlage hinübergedrückt, um wieder kon-

[1]) In einem Kessel wurden meist 1600 kg. Kohlenmehl und soviel Flußsäure eingebracht, daß ein mäßig dicker Brei entstand (ca. 1100 Liter).

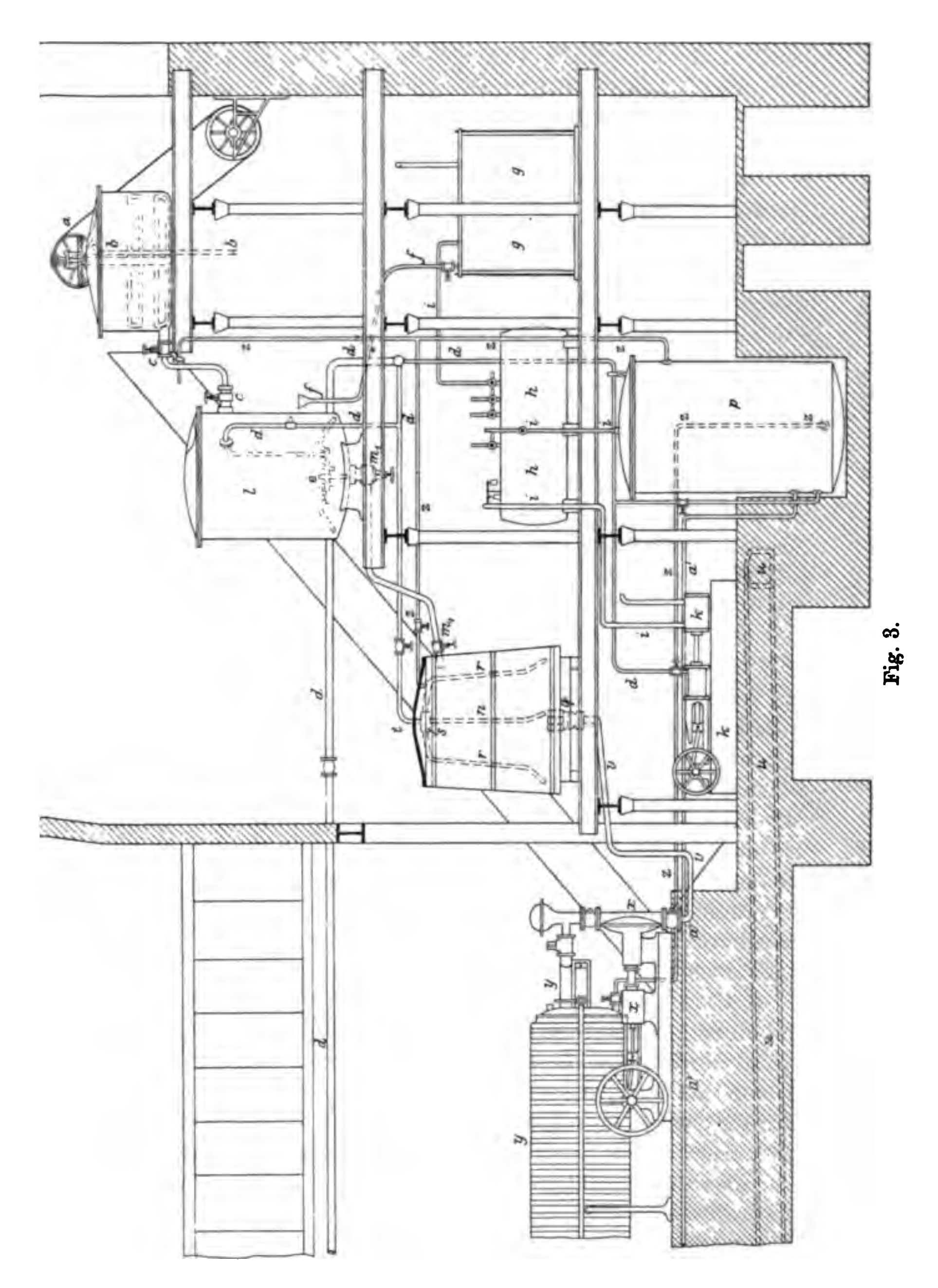


Fig. 3.

zentriert zu werden. Man zog es vor, die Flußsäure abzuhebern, statt zu destillieren, weil auch die Bleigefäße durch die heiße verdünnte Flußsäure sehr rasch zerstört wurden, wobei man freilich als großen Übelstand die Anreicherung der Säure mit Salzen in Kauf nahm, weshalb die wieder gewonnene Säure nur mit frisch gewonnener gemischt verwendet wurde und schließlich beseitigt werden mußte.

Der Kohlenbrei wurde nochmals in den Kesseln *l* mit Wasser aufgekocht und dieses wieder durch Abhebern beseitigt. Zweck dieser Prozedur war die möglichste Wiedergewinnung der teueren Flußsäure. Schließlich wurde der abgesetzte Kohlenschlamm nochmals mit Wasser und Dampf aufgewühlt und durch die Ventile m_1, m_2 und die Bleileitung in die großen Holzbottiche *n* ablaufen gelassen. Alles Wasser, das zur Reinigung der Kohle benützt wurde, war destilliertes Wasser, welches aus dem Reservoir *p* mit Hilfe von Preßluft durch die Wasserleitungen *z* mittels der Luftdruckleitungen *i* zu den Auskochapparaten und zur Filterpresse *y* gedrückt wurde. Das Reservoir wurde vom Destillierapparat aus durch die Leitung a' mit Wasser gefüllt. Die Kessel *l* und die Holzbottiche *n* waren so groß, daß jeder das in den drei Kesseln der obersten Etage verarbeitete Material allein aufnehmen konnte. Es waren zwei Kessel und zwei Holzbottiche in Betrieb, wozu noch je ein Reserveapparat hinzukam. Die Holzbottiche trugen am Boden ein mit Hartgummi überzogenes Ventil *q*. In denselben wurde nun der Kohlebrei, welcher noch immer viel Flußsäure enthielt, mit verdünnter Salzsäure[1]) ausgekocht. Zum Aufwühlen des sich rasch absetzenden Materials diente eine nach Art einer Äolipile wirkende Vorrichtung, bestehend aus Kupferrohren *r*, welche außen und innen mit Kautschuck überzogen und an das Gehäuse *s* angelötet waren, welches sich dampfdicht um das Rohr *t* drehte. Bei der Auskochung mit Salzsäure wurde die Hauptmenge der vorhandenen fluß- und kieselflußsauren Salze beseitigt. Das Auskochen mit Salzsäure wurde 6—8 Stunden fortgesetzt und hierauf noch mindestens sechsmal mit destilliertem Wasser wiederholt. Nach jedem Kochprozeß, der circa vier Stunden in Anspruch nahm, wurde die Flüssigkeit durch Abhebern entfernt. Die Salzsäure und sämtliche Waschwässer wurden durch den Kanal *u* in mit Kalkstein gefüllte Bottiche und nach der Neutralisation daselbst in den Fluß ablaufen gelassen.

Das so gereinigte Material wurde durch das bereits erwähnte

---

[1]) Für die Charge von ca. 5400 kg wurden 400—600 kg konz. Salzsäure verwendet.

Ventil *q* und das Bleirohr *v*, welches wie alle Bleileitungen, in denen sich das Kohlenmaterial bewegte, 10 cm l. W. bei einer Wandstärke von 10 mm besaß, mit Hilfe der mit Hartgummi ausgefütterten Membran-Schlammpumpe *x* in die große Filterpresse *y* gedrückt. Die Kammern und Rahmen derselben bestanden aus Pitchpineholz, alle Metallteile waren, soweit es nötig war, mit Hartgummi ausgekleidet. Die Pressen waren so groß, daß jede die Hälfte einer Charge aufnehmen konnte (Plattengröße 2,25 m^2, 50 Rahmen). Als Filtermaterial diente ein dichtes Gewebe aus Ziegenhaar, welches allein dem Angriff der sauren Flüssigkeiten genügend Widerstand leistete. In den Pressen, welche Dehne in Halle geliefert hatte, wurde das Material durch 8—12 stündiges Auslaugen mit heißem destillierten Wasser von den Resten der Salze, namentlich auch von reichlich vorhandenem Chlorblei befreit. Die schließlich erhaltenen Preßkuchen zeigten einen Wassergehalt von 33—40 %. Der Aschengehalt des Produktes betrug bloß 0,25—0,45 % (auf Trockensubstanz gerechnet). Da die feingepulverte Kohle Fluor- und Chlorwasserstoffgas hartnäckig zurückhält, war man gezwungen, dieselbe vor der weiteren Verarbeitung ziemlich hoch zu erhitzen. Dies geschah in langen trogförmigen Chamotteöfen von ca. 4 m Länge, 1,5 m Breite und 1,2 m Tiefe, deren Inneres mit gefalzten Kohleziegeln ausgefüttert war; die eingefüllten Kohlekuchen wurden ebenfalls mit Kohlenplatten und darüber mit Chamottetafeln zugedeckt und bis nahe zur Rotglut erhitzt. Das Wasser und die Säuredämpfe entwichen durch seitliche Öffnungen in die Feuerung, welche den Boden und die Seitenwände des mit Kohle ausgekleideten Raumes umspülte. Diese Prozedur dauerte 5—7 Tage, so daß die für die Reinigung einer Charge nötige Zeit im ganzen 10—11 Tage betrug.

Die in großen Massen verwendete Flußsäure wurde an Ort und Stelle in folgender Weise hergestellt (Fig. 4).

Als Entwicklungsgefäße dienten gußeiserne halbkugelförmige Kessel *a* von 2 m Durchmesser und einer Wandstärke von $3^1/_2$ cm, welche gegen die Bodenfläche auf $4^1/_2$ cm zunahm, mit einem 12 cm breiten Rande, an welchen vier Handhaben angegossen waren. Auf diese Kessel paßten gewölbte Bleideckel *b*, bestehend aus 10 mm starkem Bleiblech, welches über ein Gerippe aus Bandeisen (60 $\times$ 20 mm) gelötet war. Die Rippen liefen in einem gußeisernen Stern (von ca. 50 cm Dm.) zusammen *c*, an welchem sich ein starker Ring *d* zum Hochheben der Bleihaube befand. Am Rande, welcher auf dem Eisenkessel aufsaß, war das Bleiblech aufgekrämpt und bildete so eine Rinne *e*, in welcher das außen über die Blei-

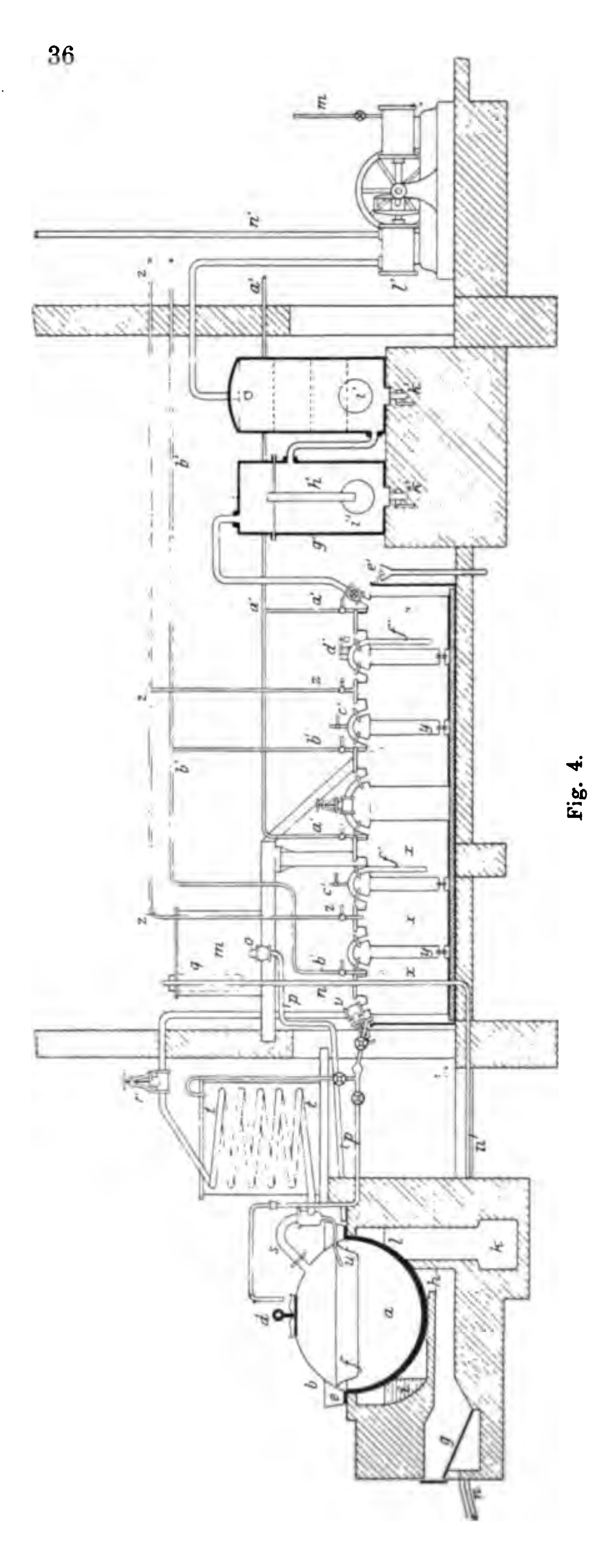


Fig. 4.

Bleihaube rieselnde Kühlwasser sich sammelte, durch einen Ausguß in einen Trichter und durch diesen in den Kanal abfloß. Zweck dieser Einrichtung war, das auf dem Eisenkessel aufruhende Bleiblech vor dem Schmelzen zu schützen. Die luftdichte Verbindung von Haube und Kessel wurde mittels zähen Tonbreies bewerkstelligt. Im Innern des Deckels zog sich nahe dem unteren Rand ein vorspringendes Bleiblech *f* um die ganze Peripherie, dessen Aufgabe war, den Eisenkessel gegen die Wirkung der an der kalten Haube kondensierten, verdünnten Schwefelsäure zu schützen. Der Kessel selbst war in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise eingemauert. Die Feuergase strömten von dem Schrägrost *g*, unterhalb dessen sich eine Wassergrube befand, unter dem durch Chamotteplatten geschützten

Kessel nach rückwärts, teilten sich daselbst, strömten durch die Öffnungen *h* aufwärts, umspielten den Kessel bis nach vorne *i*, wo sie abermals aufstiegen und oberhalb ihres früheren Weges nochmals den Kessel umkreisten, um schließlich durch den Fuchs *l* in den Abhitzkanal *k* zu gelangen. Diese Feuerung bewährte sich von vielen Varianten als die beste, weil lokale Überhitzungen des Kessels und ein Durchglühen desselben vermieden wurden, was namentlich gegen Ende der Charge, wenn der aus Flußspat und Schwefelsäure gebildete Gipsbrei bereits fest zu werden anfängt, leicht eintreten kann. Nach jeder zweiten Charge dreht man den Kessel mit Hilfe der Handhaben um etwa 60°, so daß immer andere Stellen desselben mit den beiden Öffnungen *h* in Berührung kommen.

Die Füllung des Kessels mit Schwefelsäure geschah von dem aus zweizölligen Kieferbohlen gezimmerten und mit 3 mm starkem Bleiblech überzogenen Reservoir *m*, von 1 m Höhe, 1 m Breite und 1,2 m Länge. Zum Abmessen der Säure befand sich in demselben auf einem Bleistreifen eine Skala, welche direkt Liter anzeigte. Das Reservoir wurde durch eine Bleileitung *n* von $1^1/_2''$ lichter Weite vom Hauptschwefelsäurebehälter aus mit Hilfe von Luftdruck mit Schwefelsäure gefüllt, und entleerte sich seinerseits durch das Ventil *o* und das Bleirohr *p* von $1^1/_2''$ lichter Weite in die Flußsäurekessel. Der gelochte Zylinder *q* diente dazu, ein Spritzen der mit Luftdruck emporgepreßten Schwefelsäure zu verhüten.

Da der in einem Kessel entwickelte Fluorwasserstoff bloß ausreichte, die Füllung dreier Vorgelege bis zu einem Gehalt von 45—50% anzureichern, so pflegten zwei Kessel gleichzeitig in ein System von Vorlagen zu arbeiten. Durch eine entsprechende Anordnung der Ventile *r* konnte dies je nach Belieben geschehen.

Die zu einer Charge verwendeten Mengen Flußspat und Schwefelsäure, sowie die Ausbeute an Flußsäure sind weiter unten angegeben.

Der entwickelte Fluorwasserstoff entwich durch das 8 cm weite Bleirohr *s*, während die in der Kühlschlange *t* kondensierte, mitgerissene Schwefelsäure durch das Rohr *u* wieder in den Kessel zurückfloß. Das Gas passierte nun die fünfmal gewundene Kühlschlange, welche in einem Kessel aus Schmiedeblech von 1,5 m Höhe und 1,5 m Durchmesser gelagert war, hierauf die verbleiten Ventile *r* und *v* und gelangte schließlich in die mit Wasser gefüllten Bleivorlagen *x*, von denen je drei miteinander gekuppelt waren (*y*). In jedes Vorgelege wurden 250 l Wasser oder wiedergewonnene Säure gefüllt. Der Fassungsraum betrug jedoch 470 l. Dieselben waren über einem Gerippe aus Bandeisen aus 8 mm starkem Bleiblech

zusammengelötet, bis zu den Stutzen 1 m hoch bei 80 cm Durchmesser. Die verschiedenen Leitungen für die Druckluft *z*, die in der Reinigungsanlage wiedergewonnene Säure und das zur Füllung dienende Wasser *b'*, für die fertige Säure *a'*, die Lufthähne *c'*, das Sicherheitsventil *d'* aus Hartgummi u. s. w. sind aus der Figur ohne weiteres ersichtlich. Zu einem System gehörten 6 Bleiflaschen, von denen je drei in einer Kühlwanne von 9 mm Blechstärke, 1,4 m Höhe, 1,2 m Breite und 3 m Länge auf starken Bohlen so aufgestellt waren, daß das stark fließende Kühlwasser bis an die Stutzen reichte. Jede Kühlwanne war mit einem entsprechenden Auslaufrohr *e'* versehen. Von je 3 gekuppelten Bleiflaschen besaß immer die letzte ein Tauchrohr *f'*, während in den beiden ersten das Flußsäuregas bloß an der Flüssigkeitsoberfläche absorbiert wurde. Diese Einrichtung war nötig, um ein nicht zu großes Vakuum anwenden zu müssen, und bewies sich als vollkommen ausreichend. Zur Absorption der aus den Bleivorlagen noch entweichenden Säuredämpfe waren 2 gußeiserne, innen geteerte Kessel *g'* von 2 m Höhe und 1 m Durchmesser vorgesehen, deren erster mit Kalkmilch oder Ätznatron gefüllt war, durch welche die Gase mittels des Rohres *h'* gesaugt wurden, während der zweite vier mit Ätzkalkgrus beschickte Holzroste enthielt. Jeder Kessel besaß ein Mannloch *i'* und einen Ablaufhahn von 8 cm Weite *k'*. Von hier strömten die Gase endlich in eine Luftpumpe *l'*, deren Pumpenzylinder 300 mm, deren Dampfzylinder 200 mm Durchmesser besaß. Letzterer kommunizierte mit einer 4 cm weiten Dampfleitung *m'*. Der Hub betrug 300 mm. Aus der Pumpe entwichen die Gase durch ein langes Rohr *n'* über das Dach ins Freie. Die fertige Flußsäure wurde in ein Reservoir von 2 m lichter Weite, Höhe und Breite, das mit 7 mm dicken Bleiplatten ausgefüttert war, mittels Luftdruckes befördert.

Die Füllung eines Kessels betrug 8—900 kg Flußspat, die entsprechende Menge konzentrierter Schwefelsäure 1200—1400 kg und man erhielt aus 750 l vorgelegten Wassers Flußsäure von 25° Bé.

Die Dauer einer Charge betrug 2 Tage.

100 kg 25prozentige Flußsäure kosteten ca. 18,5 Mark.

Im ganzen waren 3 Systeme von Bleivorlagen mit 6 Kesseln in Betrieb, wozu noch 2 Reservekessel kamen.

Die Nachteile des Flußsäurereinigungsverfahrens werden sich dem Leser während der Lektüre dieser Zeilen bereits aufgedrängt haben, so daß ich auf deren Besprechung wohl verzichten kann. Hingegen ist zu bemerken, daß die Fabrikation der Flußsäure

selbst, in der von J. L. C. Eckelt eingerichteten Weise, eine technisch recht befriedigende genannt werden kann mit der einzigen Ausnahme, daß die Beseitigung der Rückstände, welche noch viel Flußsäuregas enthalten, eine höchst gesundheitsschädliche und zeitraubende Arbeit ist.

Andere Reinigungsverfahren, mit verschiedenen Reagentien ausgeführt, ergaben niemals so günstige Resultate wie die Flußsäurereinigung. Ich stelle im folgenden einige im kleinen durchgeführte Versuche zusammen, aus denen man entnehmen kann, bis zu

	Asche und Art des Rohmaterials	Vorbereitung	Reinigungsverfahren	Aschengehalt nach der Reinigung
1	russischer Anthracit, Asche 3,54 %	mechanisch gereinigt, nicht entgast, fein gemahlen	mit 10 % $NaF \cdot HF$, das in Wasser gelöst war, zum Teig angeknetet, dann mit 8 % H_2SO_4 versetzt, getrocknet, schwach rotgeglüht, mit HCl und Wasser gewaschen	1,02 %
2	wie oben	wie oben	mit 5 % NaOH, 3 % NaCl und 3 % $NaNO_3$, welche in Wasser gelöst waren, angeknetet, schwach rotgeglüht, mit Wasser, dann mit HCl, und wieder mit heißem destillierten Wasser gewaschen	1,05 %
3	wie oben	wie oben, aber feiner gemahlen	wie 2	0,93 %
4	russischer Anthracit Asche 2,50 %	mechanisch gereinigt, fein gemahlen, entgast bei Segerkegel 7	2 % NaF und 2 % NaCl vom Gewicht der Kohle in viel Wasser gelöst, Kohle in einem Beutel aus tierischer Wolle um die Kohlenanode gebunden, mit einer Spannung von 8—10 Volt elektrolytisch gereinigt, zuletzt ausgewaschen	0,59 %
5	wie 4	mechanisch gereinigt, bei Segerkegel 12 entgast	erst mit verdünnter HCl und Wasser gewaschen, dann mit 5 % NaOH geglüht, wieder mit HCl und Wasser gewaschen	0,69 %
6	englischer Anthracit, Asche 2,91 %	fein gemahlen, nicht entgast	mit 15 % NaOH geglüht, dann mit Wasser, hierauf mit 5 % Schwefelsäure gewaschen, zuletzt mit heißem Wasser behandelt	0,88 %
7	wie 6	wie 6	mit 12 % NaOH, 3 % $NaNO_3$ geglüht, mit HCl und H_2SO_4 (je 5 %ig) ausgekocht, mit Wasser gewaschen	0,87 %

welchem Grade der Aschengehalt des Anthracites beseitigt werden kann; wobei mit Rücksicht auf die Ausführung im großen die Reinigungsmaterialien nicht in großem Überschuß angewendet wurden.

Die mitgeteilten Versuche sind aus einer zehnmal so großen Anzahl verschiedener Experimente als die vorteilhaftesten entnommen. Man ersieht, daß ich auch die chlorierende Behandlung in Betracht gezogen habe. Es besteht kein Zweifel, daß man bei Anwendung größerer Mengen von aufschließend wirkenden Chemikalien eine genügend weitgehende Beseitigung der Aschenbestandteile wird erreichen können, allein es bleibt dabei zu beachten, daß die Auflösung größerer Mengen der zur Reinigung verwendeten geschmolzenen und wieder erstarrten Substanzen sehr oftmaliges Auskochen mit destilliertem Wasser erfordert, und daß diese zeitraubende und kostspielige Prozedur nicht geeignet ist, die zuletzt erwähnten Methoden gegenüber der Flußsäurereinigung in einem vorteilhaften Licht erscheinen zu lassen. Zu berücksichtigen wäre nur, daß, wenn die elektrolytisch hergestellten verdünnten Ätznatronlösungen zu Reinigungszwecken direkt verwendet werden können, sich vielleicht ein lukratives Verfahren auch dann einrichten ließe, wenn das Ätznatron in großem Überschuß angewendet werden muß.

Vorläufig dürfte die chemische Reinigung des Anthracits bei dem niedrigen Preise der fertigen Kohlenkörper als zu kostspielig für eine Massenproduktion nicht in Betracht kommen.

3. Backkohle.

Die Anwendung stark backender Steinkohlen als Zusatzmaterial für die Herstellung von Elektroden dürfte französischen (Le Carbone) oder schwedischen Ursprungs (Rudolphs) sein, doch hat sich das Verfahren bald auch in Belgien und Deutschland verbreitet. Dasselbe bedeutet einen wichtigen Fortschritt in der Technik der Kunstkohlenfabrikation. Die unter Zusatz von Backkohle hergestellten Elektroden zeigen ein viel dichteres Gefüge, größere Härte und Festigkeit als die gewöhnlichen, was darin seinen Grund hat, daß die gasreiche Kohle beim Glühprozeß verkokt und die zwischen ihr befindlichen Partikeln des nicht verkokenden Hauptmaterials sehr fest miteinander verbindet[1]); von dieser Eigenschaft macht man in der Brikettindustrie schon seit langem Anwendung.[2]) Natürlich

[1]) Brandt, Chemiker-Zeitung 1901. No. 89. S. 983.

[2]) Siehe auch D. R. P. 122747.

muß der Gasgehalt der zu verwendenden Kohle bestimmt werden, um die Menge derselben, welche der Mischung beigefügt werden darf, danach zu wählen. Über 25 % des Gesamtgewichtes der Mischung wird man auch bei gasärmeren Kohlen nicht hinausgehen. Ist der Zusatz zu groß, so deformieren sich die Kohlenkörper beim Glühen, werden voluminös, sehr blasig und porös und daher vollständig unbrauchbar. Im Großbetriebe erfordert daher die Behandlung der Mischungen mit Zusatz gasreicher Kohlen möglichste Gleichartigkeit des angewendeten Materials, Vorproben im kleinen und stete Kontrolle durch die Analyse. Bei richtiger Handhabung liefert der Zusatz an Backkohlen vorzügliche Resultate.

Wie immer, so ist auch hier der Aschengehalt zu berücksichtigen, welcher natürlich möglichst klein sein soll. Im folgenden gebe ich einige Analysen von Backkohlen, die sich bewährt haben.

	Asche	Gasgehalt
Westfälische Kohle	2,05 %	31,23 %
Oberschlesische Schmiedekohle	4,49 „	24,83 „
Englische Schmiedekohle . .	4,91 „	34,60 „

Wollte man Schmiedekohle chemisch reinigen, so sind natürlich nur solche Prozeduren anwendbar, bei welchen kein starkes Erhitzen nötig ist, also bloß Reinigungsverfahren auf nassem Wege. Es lassen sich hierbei recht gute Resultate erzielen: z. B. Schmiedekohle von 4,91 % Asche wird mit 10 % ihres Gewichtes von $NaF \cdot HF$, das in wenig Wasser gelöst wird, angeknetet, die nötige Schwefelsäure zugefügt, dann gekocht, hierauf mit HCl gekocht und ausgewaschen; Asche nach der Reinigung 0,51 %.

Die Reinigung der Schmiedekohle wird übrigens wohl nur selten nötig sein, da Lichtkohlen ohne solche Zusätze gemacht werden können, weil es ja bei denselben auf besonders dichtes Gefüge und große Festigkeit gar nicht ankommt, während man bei solchen Elektroden, welche keine erheblichen Mengen von Silikaten enthalten dürfen, den Zusatz von Backkohle einfach wegläßt. Derartige Elektroden für Elektrolyse von Schmelzflüssen sind ohnehin meist einem raschen Untergang bestimmt. Besonders dichtes Gefüge ist aber bei solchen Elektroden nötig, an welchen sich Gase (Chlor, Sauerstoff) aus wässerigen Lösungen abscheiden, wie es bei der elektrolytischen Zersetzung von $NaCl$ u. dergl. vorkommt, und in diesen Fällen ist ein Aschengehalt von 2—4 % ziemlich belanglos.

2. Kapitel.

Die künstlich gewonnenen Rohmaterialien.

Die künstlich hergestellten Kohlen, namentlich Retortenkohle, Petrolkoks und Ruß, sind die Hauptrohmaterialien für die Kunstkohlenfabrikation. Ihr geringer Aschengehalt macht sie dazu besonders geeignet. Direkt verwendbar ist aber nur das erstgenannte Produkt, während die beiden anderen noch vorbereitenden Prozeduren unterworfen werden müssen (s. u.). Steinkohlenkoks, Teerkoks und Holzkohle hingegen haben nur einen untergeordneten Wert, während der sog. Teerruß sich für manche Zwecke als sehr brauchbar erweist.

Im vorigen Kapitel wurde mehrfach auf die Schwierigkeiten hingewiesen, welche sich der Reinigung der Rohkohlen entgegenstellen. Diese Unannehmlichkeiten fallen bei der Anwendung künstlicher Rohmaterialien meistens weg, weshalb dieselben trotz ihres höheren Preises viel mehr in Verwendung sind, als die natürlichen Kohlen.

1. Künstlicher Graphit.

Angesichts der Schwierigkeiten, den natürlichen Graphit zu reinigen (vgl. Kap. 1), gewinnen die Methoden zur Herstellung reinen künstlichen Graphites eine erhöhte Bedeutung.

Pauli[1]) hatte 1861 die Zersetzung von Sodarückständen mit Natronsalpeter bei hoher Temperatur vorgeschlagen, welches Ver-

[1]) Dingl. polyt. Journal 161. 129.

fahren Schaffner[1]) im großen durchzuführen suchte. In neuerer Zeit hat sich F. J. Bergmann[2]) ein Verfahren patentieren lassen, nach welchem Acetylen im Autoklaven mit Wasserstoffhyperoxyd bei 5 Atmosphären Druck auf ca. 150° C. erhitzt wird, wobei der Graphit sich nahezu chemisch rein abscheiden soll. Statt des Acetylens kann auch Calciumkarbid in Pulverform verwendet werden, wobei darauf zu achten ist, daß ein Druck von 5 Atmosphären 1—2 Stunden lang in dem Autoklaven herrscht; nach dieser Zeit ist die Reaktion beendet, man löst das Calciumhydroxyd mit Salzsäure und wäscht hierauf aus. Es ist kaum anzunehmen, daß dieses Verfahren praktische Bedeutung erlangen kann, da die Preise der verwendeten Materialien zu hoch sind.

Die Gewinnung des Graphits durch Auflösen von Kohle in geschmolzenen Metallen[3]) ist technisch nicht verwertet worden. Auch der gelegentlich aus Hochofeneisen (und Frisch-Schlacken) sich ausscheidende Graphit hat in der Kunstkohlenfabrikation keine Bedeutung. Derselbe ist großkristallinisch und sehr glänzend. Er enthält jedoch so große Mengen von Eisen (bis zu 45 %), daß eine Reinigung mit Säuren (Salzsäure und Flußsäure), welche allerdings den Aschengehalt bis auf 1 % herabdrückt, viel zu kostspielig erscheint.

Auf verschiedene andere Versuche (von Scheele, Deville, Despretz, Berthelot, Moissan u. a.) künstlichen Graphit herzustellen, kann hier nicht eingegangen werden, da dieselben bloß wissenschaftlichen Wert haben.[4])

Mehr Aussicht auf Erfolg haben die Verfahren, welche die Umwandlung der Kohle in Graphit auf elektrischem Wege zum Gegenstand haben. Nach Townsend sind drei Methoden verwendbar: 1. die Einwirkung elektrischer Entladungen resp. des Lichtbogens auf Kohle, 2. Wirkung elektrischer Entladungen auf gasförmige Kohlenwasserstoffe und 3. Zersetzung der Karbide durch hohe Temperatur. Von diesen sind die 1. und 3. Methode technisch verwertet worden. Hier sollen jedoch nur diejenigen Verfahren besprochen werden, welche zur Herstellung ungeformten Graphites dienen, während wir auf die Methoden zur Graphitierung geformter (gebrannter) Kohlenkörper später zurückkommen werden.

---

[1]) Jahresber. d. chem. Technologie 1869, 230.

[2]) D. R. P. 96427 von 1897.

[3]) Moissau, Compt. rend. 116 und 120. H. N. Warren, Chem. News 69. 291.

[4]) Clinton P. Townsend, Elect. world 37. 1901. Ref. elektrotechn. Anzeiger XVIII. No. 41 u. 42.

Nach dem ersten Verfahren arbeitet F. Wring[1]), welcher auf folgende Art Graphit fabriksmäßig herstellen will; ein kleiner mit Lichtbogen erhitzter Schachtofen enthält seitliche Beschickungsvorrichtungen, welche Koks in Form eines groben Pulvers zuführen. Die bereits durch die Hitze des elektrischen Lichtbogens in Graphit übergeführte Kohle bildet den einen Pol, ein von oben eingeführter Kohlenstab den anderen Pol. Durch einen langen Trichter wird der fertige Graphit am Boden ausgetragen. Der Trichter sowie der obere Kohlenhalter sind kühlbar. Das Produkt wird mit Oxydationsmitteln behandelt, welche den unveränderten Kohlenstoff lösen, während der Graphit ungelöst bleibt (?).

E. G. Achesons Verfahren[2]) beruht auf der Beobachtung, daß Karbide bei sehr hoher Temperatur wieder dissoziieren und der Kohlenstoff hierbei sich graphitisch ausscheidet (Graphitbildung bei der Karborundumfabrikation). Er benützt Widerstandsöfen von ca. 2 m Länge mit Strömen bis zu 1000 Ampère und 100 Volt.

Nach einem weiteren Patent[3]) ist der Zusatz solcher Oxyde, welche leicht dissoziierbare Karbide liefern, nicht nötig, wenn das Material von vornherein solche Oxyde enthält, wie es ja bei natürlichen Kohlensorten der Fall ist, welche stets Kieselsäure, Aluminium- und Eisenoxyd enthalten. Borchers will diese Beobachtung schon lange früher gemacht haben.[4]) Wenig geeignet sind nach Acheson backende Kohlen. Der Ofen, welcher zur Herstellung des Graphits dient, ist ein Schachtofen mit Materialzuführung von oben (Fig. 5). Das Innere des Ofens ist mit feuerfestem Material (Karborund z. B.) ausgekleidet. Die Elektrodenbündel *e*, welche möglichst weit in den Ofen hineinragen, um die Wandung vor zu starker Erhitzung zu bewahren, haben einen Querschnitt von je 7800—8000 cm und eine Entfernung von ca. 50 cm. Das Material wird durch den Trichter *t* eingefüllt, gelangt zwischen die Elektrodenbündel, wo es als Widerstand in den Stromkreis geschaltet, hoch erhitzt und in Graphit übergeführt wird. Sodann passiert das Material ein System von Kühlröhren *k* und wird schließlich durch eine Transportschnecke *s* aus dem Ofen befördert. Die Öffnungen *a* dienen zur Entfernung der gebildeten Gase, die Öffnungen *b* zur Beobachtung des Ofens sowie dazu, bei eventuellen Stockungen im Betrieb das Material

[1]) U. S. P. 598549 von 1898.
[2]) Amerik. Pat. 568323 von 1896.
[3]) Amerik. Pat. 645285 vom 13. März 1900. S. a. französ. Pat. 307625 von 1901.
[4]) Zeitschr. f. Elektrochem. 1897. S. 393 ff.

aufzulockern. Der Ofen liefert pro Stunde 240 kg Graphit und braucht einen Strom von 37 500 Ampère und 12 Volt.

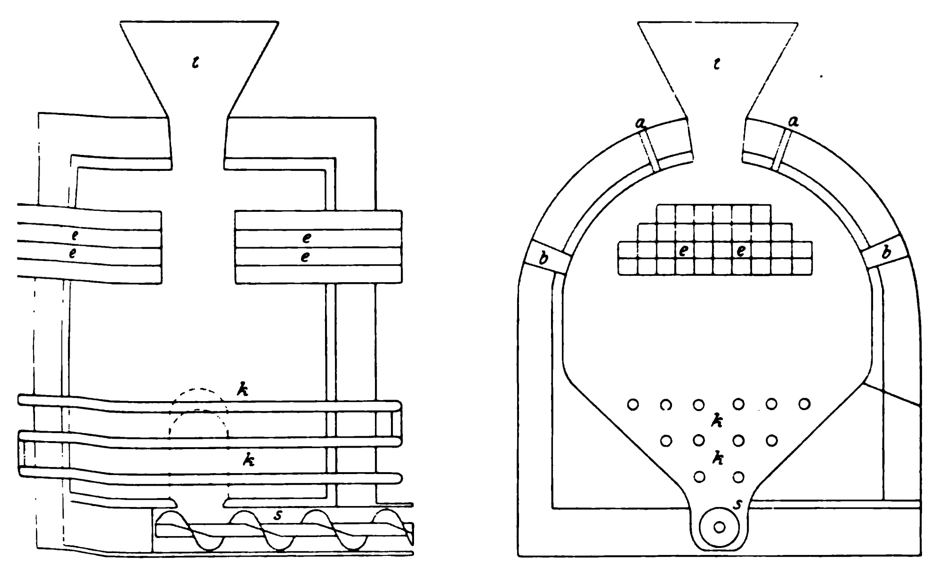


Fig. 5.

Nach F. Fitzgerald[1]) eignet sich Anthracit am besten für das Verfahren. Der Aschengehalt vermindert sich entsprechend der Dauer der Erhitzung, das Leitungsvermögen für Wärme und Elektrizität nimmt zu. Graphitierte Anthracitkohle in Stückform gleicht in der Struktur dem Ceylongraphit, besonders, wenn die Stücke einem starken Drucke ausgesetzt werden. Der elektrisch hergestellte Graphit ist Graphitit im Sinne Luzis; daher sind auch die an Lichtkohlen sich bildenden Graphitpartikeln dieser Art.[2]) Von Interesse ist die Behauptung Moissans,[3]) daß von den künstlichen Graphitsorten die durch bloße Erhitzung dargestellten der Graphitit-, die aus Metallen ausgeschiedenen der Graphitmodifikation angehören. Demgemäß zeigt Graphit aus Gußeisen und sog. Hochofengraphit die Salpetersäurereaktion.

Auffallend und auch von technischer Bedeutung ist der Umstand, daß die Angaben der beiden hervorragendsten Experimentatoren auf diesem Gebiet in einem Punkte sich widersprechen.

---

[1]) Chem. Centralblatt 1901. II. 241.
[2]) Luzi, Berl. Ber. 1893, 1412.
[3]) Moissan, Compt. rend. 120.

Während nämlich Moissan[1]) erklärt, daß bei genügend hoher Temperatur jede Varietät des Kohlenstoffs in Graphit übergeht, hält es Acheson für unmöglich, nahezu aschenfreie Kohle (z. B. gereinigten Petrolkoks) in Graphit umzuwandeln. Despretz' und Berthelots Resultate stimmen mit den Moissanschen überein, während Borchers[2]) sich der Meinung Achesons anschließt. Nach Townsend[3]) liegt die Ursache dieses Widerspruchs darin, daß Moissan im Lichtbogenofen gearbeitet hat, und der Lichtbogen einerseits die Zusammensetzung des Kohlenmoleküls reduziert, wodurch die Flüchtigkeit erhöht wird, andererseits die Kohle der Lichtbogenspitzen auch ionisiert, wodurch der Übergang in die Graphitmodifikation eingeleitet und erleichtert wird. Acheson dagegen arbeitet mit Widerstandserhitzung und erhält, weil lediglich die Wärmewirkung und nicht die ionisierende Wirkung des Stroms zur Geltung kommen kann, selbst bei höheren Temperaturen, als sie Moissan erreichte, keinen Graphit, wenn nicht intermediäre Karbidbildung stattfinden kann.[4])

2. Retortenkohle

(Retortengraphit, Gasgraphit, Karbon genannt) ist die dichte und meist harte Kohle, welche sich in den Gasretorten durch Zersetzung der Gase an der weißglühenden Retortenwand bildet. Dem Äußeren nach sind dreierlei Modifikationen zu unterscheiden:

a) eine blätterige, schülferige, graphitähnliche, weiche, stark glänzende Modifikation, welche bald in Platten, bald auch in geflossen erscheinenden, traubigen und stengligen Formen auftritt; sie bildet oft nur einen geringen Prozentsatz der Retortenkohle (sog. weißer Karbon);

b) eine graue, dichte, oft etwas gebänderte, sehr harte und schwer zu vermahlende Art, welche häufig die Hauptmenge der Retortenkohle ausmacht (sog. grauer Karbon);

c) eine braune bis schwarze, samtige, meist nur Anflüge bildende Modifikation, welche häufig zwischen den Schichten der vorigen eingelagert erscheint (schwarzer Karbon)

Die spezifischen Gewichte schwanken zwischen 1,7 und 2,3. Auch ergeben sich angeblich bedeutende Differenzen hinsichtlich

[1]) Compt. rend. 119.
[2]) Zeitschr. f. Elektrochem. 3. Jahrg. 393.
[3]) Townsend, Elect. world 1901.
[4]) Siehe noch engl. Pat. 23233 von 1899 (Reinigungsverfahren von Graphit) E. Teisler.

der Leitfähigkeit für Elektrizität und der Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien.[1]) Marchand und Meyn[2]) haben gefunden, daß die dicht an der Retortenwand anliegende Schichte die härteste, in ihren anderen Eigenschaften aber dem Graphit ähnlichste Modifikation der Retortenkohle sei (spez. Gew. 2,356, spez. Wärme 0,2036, Wasserstoffgehalt 0), während die von der Retortenwand entfernteren Schichten geringeres spezifisches Gewicht (bis 1,723 herab) und erheblichen Wasserstoffgehalt zeigen (bis 0,5 %). Auch die Porosität ist eine sehr verschiedene.

Zur Herstellung gesägter Platten eignet sich nur die graue Varietät, weil diese am festesten und am wenigsten porös ist. Wird aber der Retortengraphit vermahlen und als Pulver verarbeitet, so sind auch die anderen Varietäten ohne weiteres anwendbar.

Die Ursachen des so verschiedenen Aussehens der Retortenkohle sind die verschieden lange und hohe Erhitzung der sie ausgesetzt war (je nachdem sie gleich anfangs auf die heiße Retortenwand oder später auf bereits vorhandene Kohle abgelagert wurde), ferner auch Schwankungen des Gasdruckes und der Beschaffenheit der verwendeten Steinkohle. Die einzelnen Fabriken ziehen oft Sorten der Retortenkohle vor, welche die anderen wieder meiden, obwohl die Hauptsache bei der Wahl des Retortengraphits der Aschengehalt ist, welcher nicht vom Aussehen der Kohle abhängt. Derselbe rührt teils von mechanisch aus der Kohle mitgerissenen Aschenteilchen, teils von den Chamottewänden der Retorten her, weshalb die an den Wandungen derselben anliegenden Teile des Retortengraphits auch den höchsten Aschengehalt zeigen. Früher wurde der Retortengraphit bloß beim Auswechseln der Retorten, durch Zerschlagen derselben, gewonnen. Nach Rödel[3]) wird derselbe rationeller erhalten, indem man ein mit Wasserkühlung versehenes Rohr von ca. 8 cm lichte Weite in die heiße Retorte einführt und einen kalten Luftstrom gegen die Wandungen strömen läßt, worauf der Retortengraphit in großen Stücken sich ablöst und entfernt werden kann.

Die Reinigung der käuflichen Retortenkohle geschieht meist auf mechanischem Wege, indem man die einzelnen Stücke mit Hilfe eiserner Kratzbürsten von anhaftenden Chamottepartikeln, Erde u. dgl. säubert, was in der Regel auch vollkommen ausreichend ist. Dieser Umstand, sowie die verhältnismäßig große Dichte und

---

[1]) Ornstein, Fabrication d'électrodes, Paris 1900.
[2]) Journal f. prakt. Chemie, Bd. 26, S. 482.
[3]) Dingl. polyt. Journal 305. S. 212. D. R. P. 93313.

gute Leitfähigkeit sind die Ursachen, warum die Retortenkohle das am meisten verwendete Rohmaterial für die in Frage kommenden Industrien darstellt. Dazu kam noch der niedrige Preis des Produktes, welcher allerdings sehr gestiegen ist, seitdem die Gasfabriken die lebhafte Nachfrage nach diesem ihnen einst lästigen Nebenprodukt bemerkt haben.

Will man die Retortenkohle chemisch reinigen, so kann man befriedigende Resultate erhalten, indem man das feingepulverte Material mit einer Lösung von Ätznatron, Fluorammonium u. s. w. anknetet, im übrigen ähnlich behandelt, wie beim Graphit angegeben wurde. Folgende Beispiele mögen das Gesagte erläutern:

Asche des Rohmaterials 1,26 %	feinst gemahlen	mit einer Lösung von 5 % NaOH, 3 % NaCl geglüht, mit Wasser, dann HCl und wieder mit Wasser gewaschen	Asche nach der Reinigung 0,49 %
ebenso	ebenso	mit 5 % NH_4F und der äquivalenten Menge H_2SO_4 bis zum Glühen erhitzt, mit HCl und Wasser ausgewaschen	0,38 %

Guter Retortengraphit enthält jedoch nur 0,2—0,8 % Asche. Der Schwefelgehalt ist sehr gering.

Analysen einiger Retortengraphitsorten:

	nach Paterson[1]	grauer R. aus Oberschlesien	schwarzer R. aus Oberschlesien	weißer R. aus Oberschlesien
Kohlenstoff . .	99,38	—	—	—
Asche	0,21	1,43	0,2	0,18
Feuchtigkeit .	0,27	0,58	5,4	0,58
Schwefel . . .	0,14	—	—	—
Spez. Gewicht .	—	1,94	1,81	1,89

Nach Mitteilung der Firma Schiff & Co. gewinnt man aus 100 kg käuflicher Retortenkohle ca. 80 % reines Material, 7 % unreiner Stücke, 5 % Gries für Batteriekohlen, der Rest ist Staub für das Einpacken der Kohlen beim Glühen (s. daselbst).

Früher hat man die aus Retortengraphit durch Sägen, Schleifen u. s. w. hergestellten Kohlenstäbe einer chemischen Reinigung unterzogen. So gibt M. Jacquelain[2]) die folgenden Methoden an:

1. Einwirkung von Chlor bei heller Rotglut, wobei Silicium und die meisten Basen als Chloride sich verflüchtigen und der in der

[1]) Jahresber. f. chem. Technol. XXXII. 1131.
[2]) Chem. Centralbl. 1882. 339.

Kohle vorhandene Wasserstoff in Salzsäure verwandelt wird. Für feinverteilte Kohle soll dieses Verfahren gut geeignet sein. Für größere Massen ist es zeitraubend und umständlich. Jacquelain läßt auf die Retortengraphitstäbe das Chlor 30 Stunden lang, zuletzt bei Weißglut einwirken. Durch diese Behandlung wird die Kohle porös, was natürlich nachteilig ist. Die Stäbe werden deshalb 5—6 Stunden lang bei Weißglut den Dämpfen schwerer Kohlenwasserstoffe ausgesetzt, wodurch sich Kohlenstoff in der Kohle absetzt und dieselbe wieder dichter macht.

2. Behandlung mit Ätznatron in eisernen Gefäßen, Auskochen der Schmelze, Waschen mit Salzsäure und heißem destilliertem Wasser. Bei gepulverten Materialien wird man zum Ziele kommen, bei Stäben dürfte eine völlige Beseitigung des Ätznatrons schwer möglich sein.

3. Behandlung mit Fluorwasserstoff in Bleigefäßen.

Die Säure wird verdünnt angewendet, man läßt die Stäbe bei gewöhnlicher Temperatur 1—2 Tage darin verweilen, wäscht dann gut aus und trocknet, worauf man sie wie bei Methode 1 karbonisiert. Daß man mit Flußsäure den Aschengehalt sehr vermindern kann, ist sicher; ob die obige gelinde Behandlung genügt, ist fraglich.

Die chemische Reinigung der Retortenkohle wird im allgemeinen nicht nötig sein.

3. Koks.

Obwohl der Koks, wie alle stark geglühten und daher nahezu gasfreien Kohlen, sich für unsere Industrie gut eignet, ist sein meist hoher Aschengehalt die Ursache, daß man ihn nur zur Herstellung ganz ordinärer Ware verwenden kann. Ofenfütterungen, Karbidelektroden u. dgl. können aus Koksmischungen hergestellt werden. Ein für diese Zwecke von der Compagnie internat. d'électricité in Lüttich verwendeter Koks zeigte 8,77 % Asche. Auch für Kohlenzylinder (zu Elementen) hat man ihn benützt, doch kommt auch da der hohe Aschengehalt in unangenehmer Weise zur Geltung. In seinen sonstigen Eigenschaften (spezifische Wärme, Farbe, Härte, elektrisches Leitvermögen) steht er dem Retortengraphit nahe. Infolge seiner porösen, blasigen Beschaffenheit läßt er sich jedoch viel leichter vermahlen, als jener. Hat man daher sehr aschenarmen Koks zur Verfügung, so kann derselbe mit Vorteil verwendet werden. Doch ist es — so wie beim Anthracit — schwer, ein Produkt von stets gleicher Beschaffenheit zu erhalten.

Früher hat man den Koks mehr als heute zur Kunstkohlenfabrikation verwendet (siehe Einleitung).

Die Reinigung auf chemischem Wege läßt sich genau so durchführen wie beim Anthracit, stößt aber auf dieselben Schwierigkeiten wie dort, dürfte übrigens noch teuerer kommen, da guter Koks meist doppelt so viel mineralische Bestandteile enthält wie guter Anthracit.

Am besten wäre es, falls Koks für Elektrodenerzeugung u. dgl. verwendet werden soll, die Steinkohle einer sorgfältigen nassen Aufbereitung (s. Anthracit) zu unterwerfen und in der Fabrik selbst zu verkoken, wobei gleichzeitig der Teer als brauchbares Nebenprodukt gewonnen werden könnte.

4. Petrolkoks.

Dieses Produkt, welches wohl zuerst von den Amerikanern für die Zwecke der Kohlenfabrikation benutzt wurde, bildet eine glänzende, schwarze, blasige Masse, welche bloß dort, wo sie an den Gefäßwänden angelegen hat, ein dichteres Gefüge zeigt. Der Aschengehalt ist meist sehr gering, hingegen sind noch erhebliche Mengen flüchtiger Körper vorhanden, wie folgende Analysen zeigen:

	Petrolkoks aus Oderberg	Pardubic	Trzebinia
Gasverlust bei Rotglut	6,08	5,60	8,40
Asche	0,56	0,08	0,38
Spez. Gewicht . . .	1,34	—	1,42

Ornstein[1]) gibt einen viel höheren durchschnittlichen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen an (15—20 %), der Aschengehalt variiert von 0,2—3 %. Die Asche[2]) besteht häufig aus geschmolzenen Kügelchen und rührt von mechanischen Verunreinigungen des Rohpetroleums sowie von den eisernen Kesseln her.

Die Gewinnung des Petrolkoks erfolgt nach Smoluchowski in Galizien auf folgende Art[3]): Diejenigen schweren Mineralöldestillate (spez. Gew. 0,870—0,900), welche dem sog. Cracking-Prozesse unterworfen werden sollen, kommen in gußeiserne, oft auch schmiedeiserne, aufrechte Kessel, sog. Diables, die etwa

[1]) Fabrication d'électrodes, Paris 1900.

[2]) Die Asche des kaukas. Rohöls, im Mittel 0,09 %, enthält hauptsächlich Ca und Fe, wenig Al, Spuren Cu und Ag. Markownikoff, Berl. Ber. 1883, S. 1873.

[3]) Privatmitteilung.

90 Meter-Zentner fassen; bei schmiedeisernen Kesseln ist der Boden meist 15 mm stark, bei gußeisernen (d. h. nur der untere Teil des Kessels besteht aus einem gußeisernen Stück, der Schale) 45—60 mm dick. Die Feuerung befindet sich direkt unter dem Boden, die Feuergase umspülen dann noch die Seiten des Kessels. Eine Charge dauert etwa 12—18 Stunden. Gegen Schluß derselben ist das Bodenblech in heller Rotglut, trotzdem ist es aber sehr schwer, ja fast unmöglich, einen exakten Schluß der Verkokung zu erzielen, wollte man nicht ungebührlich lange unter dem Kessel feuern. Die Hohlräume des Kokses sind nämlich von einer dicken, pechartigen Masse erfüllt, die immer noch, allerdings sehr wenig, Destillat gibt. Gewöhnlich löscht man die Feuer, wenn aus den Kühlrohren eine rubinrote, intensiv riechende, harzartige Masse in dünnem Strahle ausfließt, welche nicht nur kein Paraffin mehr enthält, wie die vorhergehenden Fraktionen, sondern auch sehr nachteilig auf das Kristallisieren des Paraffins einwirkt; dies der Grund des Abbruchs der Destillation. Die Siedetemperatur der zuletzt übergehenden Produkte liegt zwischen 360 und 430 ° C. Naturgemäß sind die Anteile des Petrolkokses, welche dem Boden und den vom Feuer bespielten Seitenwänden anliegen, ärmer an flüchtigen Bestandteilen als die inneren Partien. Die Ausbeute an Koks beträgt im Mittel 2—4 % vom Gewichte des rohen Erdöls.[1])

Infolge des Gehaltes an flüchtigen Anteilen, welcher ein starkes Schwinden der daraus erzeugten Kohlenkörper bei dem Glühprozesse verursacht, ist es nötig, den Petrolkoks vor seiner weiteren Verarbeitung zu zerkleinern (in Stücke von 5—10 cm Durchmesser) und stark zu glühen (etwa bis Kegel 15 von Seger). (Bezüglich der Glühöfen siehe das bei den Ofenkonstruktionen weiter unten Gesagte.) Nach Ornstein (l. c.) beträgt der Glühverlust bei 1500 ° C. etwa 10—20 %, Jehl gibt für amerikanische Sorten noch mehr an (s. unten).

Das spezifische Gewicht des Petrolkokses nimmt beim Glühen rasch zu. Weißgeglühter Petrolkoks (bei Kegel 16 von Seger) zeigt schon 1,84 spezifisches Gewicht. In Nordamerika erfolgt die Entgasung des Produktes nach Jehl in Retorten, welche mit Petroleumrückständen geheizt werden. Nach gründlicher Entgasung, während welcher ca. 30 % vom Gewicht verloren gehen, erscheint es trocken und bröcklig.

Die Entgasung macht natürlich das an und für sich billige Material nicht unerheblich teuerer. Man hat deshalb daran ge-

[1]) Siehe Schaedler, Technologie d. Fette u. Öle. 2. Bd.

dacht, gleichzeitig mit dem Glühen der gepreßten Kohlenkörper auch die Entgasung durchzuführen und zwar in der Weise, daß man die Tiegel, in welchen die erwähnten Kohlen gebrannt werden sollen, nach dem Einsetzen der letzteren mit gekörntem Petrolkoks füllt, statt, wie gebräuchlich, einen eigenen Kohlensand dafür vorrätig zu halten (siehe 6. Kapitel, Ofenbetrieb). Da man nun zum Füllen der Tiegel, um das Brenngut vor der Einwirkung der Luft zu schützen, nicht staubförmige oder sehr feinkörnige Kohle nehmen soll (siehe Ofenbetrieb), so ist man genötigt, den grobkörnigen Petrolkoks nach dem Glühen nochmals zu mahlen, was allerdings keine großen Schwierigkeiten bereitet. Man erspart also ein zweimaliges Glühen, tauscht aber dafür ein zweimaliges Mahlen ein. In gleicher Weise kann auch die Entgasung des Anthracits erfolgen.

Die Beseitigung mineralischer Bestandteile geschieht stets nur durch Handarbeit (Bearbeitung mit der Kratzbürste u. s. w.), wobei 2—3 % Abfall sich ergeben. Eine chemische Reinigung ist nicht nötig.

5. Teerkoks.

Dieses Produkt hinterbleibt als Rückstand, wenn das Teerpech einer weitgehenden Destillation unterworfen wird. Die Schwierigkeit, welche auch bei der Gewinnung des Petrolkokses auftritt, ein passendes Retortenmaterial zu finden, ist die Ursache, warum die Destillation des Pechs zur Zeit nur selten ausgeführt wird. Der erhaltene Koks würde sich zur Herstellung elektrischer Kohlen wohl eignen. Nach Stavely[1]) enthält er 2,4—2,5 % Asche und 0,11—0,12 % Schwefel. War die Temperatur bei seiner Herstellung genügend hoch, so ist er eine dem Petrolkoks ähnliche, gesinterte oder blasige, harte und feste Masse, von hellgrauer Farbe. Ungenügend gebrannter Koks ist schwärzlich leicht brennbar und hat eine geringe Kohäsion. Nach dem Verfahren von Behrens[2]), bei welchem aus gußeisernen Retorten destilliert wird, erhitzt man solange, bis keine Gase mehr entweichen, und gewinnt ungefähr 50 % des angewendeten Hartpechs als Koks. Nach Muck[3]) liefert hartes Pech einen blasigen, Weichpech einen gesinterten Koks. Dies ist

---

[1]) Chem. News. 43. 228.

[2]) Dingl. polyt. Journ. 208. 371.

[3]) Diesbezüglich, sowie über Ofenkonstruktionen u. s. w. siehe Lunge, Steinkohlenteer. 4. Aufl. I. 426 ff.

auch der Grund, warum man als Bindemittel in der Kunstkohlenfabrikation nicht Pech, sondern Teer anwendet.

Da der Teerkoks sehr spröde ist und leicht in prismatisch-stengelige Stücke zersplittert, bietet er der Verkleinerung keine Schwierigkeiten.

6. Holzkohle.

Obwohl die Entdeckung des Lichtbogens an Holzkohlenstäben gemacht wurde, hat man bald die Verwendung der Holzkohle[1]) als Rohmaterial aufgegeben. Die große Porosität und der damit zusammenhängende große Widerstand sind die Ursachen davon. Ende der 90er Jahre hat man auf Anregung der damaligen Casseler Trebertrocknungs-Aktiengesellschaft Versuche gemacht, die nach dem Bergmannschen Patent gewonnenen Holzkohlenbriketts in der Kunstkohlenfabrikation zu verwenden unter gleichzeitiger Benutzung von Holzteer als Bindemittel. Die so hergestellten Elektroden waren aber, wenigstens die von mir untersuchten Proben, durchaus nicht konkurrenzfähig, namentlich zeigten sie einen enormen Widerstand (150 Ohm spezifischen Widerstand).

Indessen erscheint die Verwendung der Holzkohle künftig nicht ausgeschlossen und zwar zur Herstellung künstlichen Graphits. Wenn sich die günstigen Nachrichten über das Verfahren von Heidenstam[2]) bewahrheiten und die so erhaltenen festen Holzkohlenbriketts sich im elektrischen Ofen in Graphit überführen lassen, so wird man ein sehr gutes und aschenarmes Rohmaterial erhalten, da der Aschengehalt der Holzkohle von Haus aus gering ist und ein erheblicher Teil desselben sich bei der Temperatur des elektrischen Ofens verflüchtigen muß.[3])

Nach Brandt[4]) wird übrigens Holzkohle von manchen Fabriken zur Elektrodenerzeugung verwendet. Seine Behauptung, daß Holzkohle das Hauptmaterial für Elektrolysenkohlen sei, kann ich nicht bestätigen, wenigstens fand ich unter zahlreichen Produkten verschiedener Firmen keine einzige Holzkohlenelektrode.

Jedenfalls muß die verwendete Holzkohle bei möglichst hoher Temperatur hergestellt sein, damit der Gehalt an flüchtigen An-

[1]) Carré hat auch gepulverte Holzkohle, nachdem sie mit Laugen, Säuren, Königswasser etc. gereinigt worden war, verarbeitet; desgl. Gaudoin, s. Einleitung.

[2]) D. R. P. 114551.

[3]) Doch soll der elektrische Widerstand der Holzkohle zu groß sein.

[4]) Chemiker-Ztg. 1901. S. 983.

teilen so gering wie möglich ist.[4]) Solche stark geglühte Holz kohle gleicht dem Koks, ist hellgrau (nicht schwarz), schwer entzündlich, leitet die Elektrizität und hat eine geringere spezifische Wärme wie die gewöhnliche Holzkohle. Auch ist ihr spezifisches Gewicht bedeutend höher. Die Porosität wechselt nach der Beschaffenheit des angewendeten Holzes. Kohle aus harzreichem Holz ist dichter als solche aus harzfreiem Holz.

Das mittlere, scheinbare Gewicht der Holzkohle gewöhnlicher Erzeugung beträgt 0,18 (Espe) bis 0,38 (Eiche), das wahre spezifische Gewicht ist natürlich weit höher; z. B. zeigte graue Casseler Holzkohle 1,21 (bei 3,17 % Asche und 7,36 % Glühverlust bei Rotglut).

Diese große Porosität hat den Vorteil, daß sich die Holzkohle leicht pulverisieren läßt.

Der Aschengehalt der gewöhnlichen Holzkohlensorten ist gering und beträgt bloß einige Prozente. Ein großer Teil desselben läßt sich durch Auskochen mit Salzsäure und Wasser beseitigen, doch ist zu bemerken, daß pulverisierte Holzkohle infolge ihrer porösen Beschaffenheit Salzsäuregas sehr energisch zurückhält, was bezüglich der weiteren Verarbeitung (auf Pressen, Mischmaschinen u. s. w.) von großem Nachteil sein kann. (Siehe auch das beim Anthracit Mitgeteilte.)

Nach Brandt (l. c.) empfiehlt sich zur Herstellung von Bogenlichtkohlen ein Zusatz von Birkenholzkohle (?).

7. Ruß.

Infolge seines minimalen Aschengehaltes ist dieses Material vor allen anderen zur Herstellung von Lichtkohlen geeignet, und in der Tat sind Lichtkohlen wie die der Gebrüder Siemens (Marke A) in bezug auf Ruhe und Gleichmäßigkeit des ausgestrahlten Lichtes, wie auch hinsichtlich ihres Aussehens mustergiltig. Freilich kommt dabei sehr viel auf die Natur des Rußes sowie dessen Behandlung an. Es kommen im Handel Rußsorten vor, welche einen sehr großen Aschengehalt zeigen, während guter Ruß kaum 0,1 % Asche enthält. Ich gebe im folgenden einige Rußanalysen:

[4]) Über die Änderung der chem. Zusammensetzung mit der Temperatur siehe Violette, Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 54, S. 313.

	Hospelt, Köln-Ehrenfeld, calciniert, mindere Qualität	Hisgen, Worms, nicht calciniert	Hisgen, Worms, calciniert I. Qualität	Wüste, Brunn bei Wien, calciniert I. Qualität	Wüste, Brunn bei Wien, nicht calciniert mindere Qualität	Wegelin, Köln-Lindenthal, I. Qualität
Trockenverlust	2,60 %	3,95 %	1,50 %	1,76 %	6,40 %	1,90 %
Glühverlust . .	0,78 „	9,82 „	2,15 „	3,05 „	21,83 „	2,55 „
Asche	6,53 „	0,08 „	0,10 „	0,03 „	3,01 „	0,05 „

Guter Ruß bedarf beiner weiteren Vorbereitung, als daß man ihn durch ein mäßig feines Sieb drückt, um ihn von zufällig hineingeratenen Fremdkörpern, welche ja beim Entleeren der Rußkammern leicht hineingelangen können, zu befreien (Holzsplitter, Nägel, Ziegelfragmente u. s. w.).[1])

Der Ruß ist zwar nächst dem Graphit das teuerste Rohmaterial für die in Frage kommende Industrie; man kann aber sagen, daß er für Lichtkohlen weitaus von allen Kohlensorten am besten sich eignet, sowie auch als unerläßliches Zusatzmaterial zu fast allen Kohlenmischungen für Kohlenkörper Anwendung findet. Der große Bedarf an Ruß für die von uns betrachtete Industrie war die Ursache, daß große Rußfabriken entstanden, welche das Produkt in einem bis dahin nicht dagewesenen Maßstabe fabrizieren. Natürlich kommt dabei nur der Flammruß (Kienruß) in Betracht, da dieser allein sich in genügend großen Quantitäten und zu entsprechendem Preise herstellen läßt. Die dazu verwendeten Rohmaterialien sind Steinkohlenteer, Hartpech, Produkte der Holz- und Braunkohlenschweelerei, schwere Öle der Erdöldestillation, Rohnaphthalin, Harze Rückstände von der Fichtenharzgewinnung. Die Ausbeuten an Ruß sind die folgenden:

100 Teile Pech	geben 13—15 Teile Ruß		nach Köhler[2])
„ „ Teer	„ 15—18 „ „		nach Köhler[2])
„ „ Öl	„ 18—20 „ „		nach Köhler[2])
„ „ Steinkohle	„ 0,33 „ „		nach Duhamel
„ „ schweres Teeröl	„ 17,5 und zwar	1. Qual. 5 Teile	nach Thenius[3])
		2. „ 7,5 „	nach Thenius[3])
		3. u. 4. „ 5 „	nach Thenius[3])
„ „ Teer	„ 25 Teile Ruß		nach Engler[3])
„ „ Harzrückstände	„ 20 „ „		nach Engler[3])
„ „ Teer	„ 20—22 „ „		nach Ornstein.
„ „ Rohnaphtalin	„ 40 „ „		nach Ornstein.

[1]) Die Behauptung Brandts (Chemiker-Ztg. 1901, S. 980), daß der Ruß gemahlen werden müsse, erscheint uns unverständlich.

[2]) Die Fabrikation des Rußes und der Schwärze, Bolleys Handb. Vieweg 1889.

[3]) Die Meiler- und Retortenverkohlung. Hartlebens chem.-techn. Bibliothek.

Die Ausbeute hängt sowohl von dem verwendeten Rohmaterial als auch von der Konstruktion der Öfen und Kammern, sowie von der Betriebsführung ab, so daß allgemein gültige Zahlen wohl nicht zu beschaffen sind.

Was die Wahl des Rohmateriales, namentlich aber die Art und Weise des Betriebes betrifft, so ist zu berücksichtigen, daß die Kunstkohlenfabrikation wesentlich andere Anforderungen an das Produkt stellt als die anderen Industrien und Gewerbe, bei welchen der Ruß in Anwendung kommt. Möglichst geringer Gehalt an Asche und nicht allzuhoher Prozentsatz an teerigen Substanzen sind die Haupterfordernisse, während die Feinheit und Farbe, welche sonst von besonderer Wichtigkeit sind, keine besondere Bedeutung haben. Eine möglichst hohe Ausbeute an Ruß ohne weitere Rücksicht auf dessen Feinheit und Schwärze wird daher für die Zwecke der Kunstkohlenfabrikation der maßgebende Gesichtspunkt sein.

a) Ältere Rußöfen.

Wir folgen hier der Darstellung H. **Köhlers**, welche derselbe in seiner schätzbaren Monographie über die Fabrikation des Rußes und der Schwärze[1]) gibt.

Die ältesten Öfen ähneln den Apparaten zur Sublimation des Schwefels; sie bestanden aus einer zylindrischen Kammer mit konischem Dache, innerhalb dessen ein blecherner Kegel beweglich angebracht war, der an seiner Spitze eine Öffnung hatte und zugleich als Kamin sowie als Schabeisen diente, um nach beendigter Charge beim Herablassen den an den Wänden sitzenden Ruß abzuschaben. Die Wände der Kammer waren mit Schaffellen oder grober Leinwand ausgefüttert. Die Verbrennung geschah in einem außerhalb der Kammer befindlichen Ofen, auf dessen Feuerherd ein mit Harz oder Teer gefüllter Kessel gesetzt wurde. Die beim Erhitzen sich entwickelnden Dämpfe wurden angezündet und der Zug durch teilweises Schließen einer Öffnung reguliert. — Später leitete man die Rußgase durch einen Kanal in die Rußkammer, einen gemauerten oder gezimmerten Raum von 5—6 m Länge und 3—3½ m Höhe, dessen Decke aus einem Trichter von lockerem Gewebe bestand, durch dessen Maschen hindurch die Gase abzogen. Dieser Trichter („Haube“) war an Rollen beweglich, um durch Heben und Senken den anhaftenden Ruß abschütteln zu können und den Gasen freien Abzug zu verschaffen.

[1]) **Bolleys** Handb. d. chem. Technol. V. 3.

Ein wichtiger Fortschritt war die Anlage von Kammersystemen, welche eine vollständigere Ablagerung und zugleich eine Sortierung des Rußes ermöglichen, indem das gröbere Produkt in den der Feuerung näher liegenden Kammern, das feinere in den entfernteren sich ablagert. Zuerst wandte man bloß zwei durch einen Kanal verbundene Kammern an. Im Saarbrückener Gebiet benutzte man nach Duhamel[1]) bessere Öfen, welche aus einem geneigten, langen Kanal aus feuerfesten Steinen bestanden, welcher als Verkokungsraum für das Rohmaterial (Steinkohle) diente und mit einer gemauerten, gewölbten Kammer kommunizierte, in welcher sich die Hauptmenge des Rußes absetzte. Durch zwei übereinander angebrachte Öffnungen strömte der Rauch in eine zweite kleinere mehr hohe als lange Kammer, von welcher er durch ein in der Decke befindliches Loch, welches mit einem konischen Sack aus Leinwand bedeckt war, in eine letzte kleine Kammer abströmte, welche als Kamin diente. Der Leinensack war wie bei den früher erwähnten Konstruktionen aus dem dort angegebenen Grunde beweglich. Bei Verarbeitung von Steinkohlen ging ein solcher Ofen drei Wochen. Beim Ausnehmen wurde die Herdöffnung geschlossen, einige Löcher im Scheitel des Kammergewölbes sowie die Eingangstür in dasselbe wurden geöffnet, die Kammern auskühlen gelassen und der Ruß gleich im Innern des Ofens verpackt. Urbain und Meunier[2]) benutzten eine geneigte Retorte zum Verbrennen der geschmolzenen Rohprodukte, welche durch einen Trichter eingeführt wurden. Im obersten Teil der Retorte befand sich eine Öffnung zum Anzünden der Dämpfe. Die Kammern zur Ablagerung des Rußes waren übereinander angeordnet und kommunizierten durch Öffnungen, welche an entgegengesetzten Seiten des Bodens respektiv der Decke angebracht waren, so daß die Rauchgase einen schlangenartig gewundenen Weg machen mußten. Von diesem Prinzip wird bei den meisten Konstruktionen Anwendung gemacht. So teilt J. Bersch[3]), welcher bloß eine Kammer benutzt, dieselbe durch zahlreiche aus ungehobelten Brettern hergestellte Wände in ein System ca. 1 m breiter Räume, welche die Kammer aber nicht vollständig durchziehen, sondern abwechselnd links und rechts einen Zwischenraum frei lassen, so daß die Rußgase einen langen, gewundenen Weg machen müssen. Doch ist nach Köhler die Verwendung des Holzes in den Kammern wegen der zu hohen

---

[1]) Ann. des Mines X. 55.

[2]) Encycl. chimique. Paris 1885.

[3]) Verwertung des Holzes. Hartlebens chem. techn. Bibliothek.

Temperatur unmöglich. Bersch benützt zur Regulierung des Luftzuges eine Klapp- und Schiebetür, wie sie bei den Meidingerschen Füllöfen verwendet wird, welche durch seitliches Verschieben gestattet, einen Spalt, durch den die Luft einströmt, beliebig zu verkleinern oder zu vergrößern.

b) Neuere Rußanlagen.

Eine Rußanlage nach Thenius[1]) (Fig. 6) besteht aus einem Ofenraum *A* und vier Kammern *B*, an welche sich ein Schornstein *C* anschließt. Das Rohmaterial (Teer oder schweres Öl) wird in dem Wasserkasten *W* erwärmt, wodurch zugleich eine Überhitzung vermieden wird, und fließt durch den von außen zu regulierenden Hahn *H* auf die Verbrennungsplatte *P*. Dieselbe wird durch eine getrennte Feuerung *F* erhitzt, welche ihren eigenen Schornstein besitzt *E*. Der Luftzutritt zu der rußliefernden Substanz erfolgt durch eine Jalousie. Jede Kammer wird durch eine eiserne Tür *T* entleert.

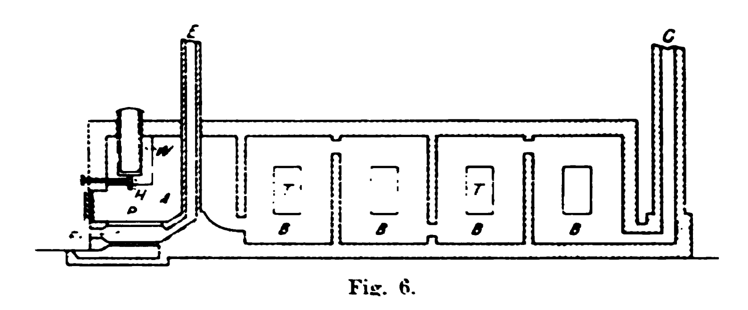


Fig. 6.

Eine ganz ähnliche Anlage beschreibt Köhler[2]) für festes Rohmaterial.

Im Schwarzwald, wo sehr viel Ruß aus den Rückständen von der Harzgewinnung hergestellt wird, sind nach Köhler die Rußfabriken etwas anders gebaut (Fig. 7).

Das in den Gefäßen *g* vorgewärmte Rohmaterial tropft durch Rohre *r* in die Feuerung *f*, wenn man nicht dieselbe direkt mit festen Substanzen beschickt. Die Verbrennungsgase samt dem Ruß ziehen in die Kühlkammer *k* und von da in die 18—26 m lange und an der Basis 5 m breite Ablagerungskammer *a*, welche halbkreisförmigen Querschnitt besitzt. Von da gelangen sie durch *o*

[1]) Meiler- u. Retortenverkohlung. 1885. Siehe auch Jahresber. chem. Techn. 1887 S. 527.

[2]) Die Fabrikation des Rußes und der Schwärze. 1889.

in den zweiteiligen Turm *t*, in dessen einen Teil sie hinab-, im andern hinaufsteigen. In der einen dieser Abteilungen ist ein grobes Tuch ausgespannt, an welchem sich die letzten Mengen des Rußes ansetzen. Durch öfteres Abklopfen wird dafür gesorgt, daß der sich ansetzende Ruß nicht das Tuch verstopft und den Zug hindert. Auch fordert dieses Tuchfilter häufige Erneuerungen, deren Kosten aber gering sind. Die Gase ziehen endlich in den Schornsteinkanal *c*, in welchem eine Klappe zur Regulierung des Luftzuges angebracht ist, und in die Esse. Diese Öfen arbeiten kontinuierlich mit Ausnahme der Tage, an welchen der Ruß ausgenommen wird (Dauer einer Charge fünf Tage). Bei anderen Rußöfen[1] (Fig. 8) ist die Feuerung, in welcher die rußliefernden Produkte verbrannt werden, *E*, auf der Oberseite durch ein Wasserschiff *W* gekühlt, welches mit einem Abzugsrohr für den Dampf *D*, mit einem Überlaufrohr und mit Wasserhähnen *H*, versehen ist, welche dazu dienen, die Höhe des Wassers im Kasten zu kontrollieren. Die Herde selbst sind mit einem Luftregulator *R* und mit je einem Zulaufrohr *Z* für das flüssige oder geschmolzene Rohmaterial versehen, welches auf die winklige Eisenplatte *E* tropft und hier verbrennt; die Dämpfe ziehen durch das geneigte Blechrohr *B* von 3,5 m Länge und quadratischem Querschnitt; dasselbe dient als Luftkühler, in welchem teerige Produkte kondensiert und zum Herde zurück-

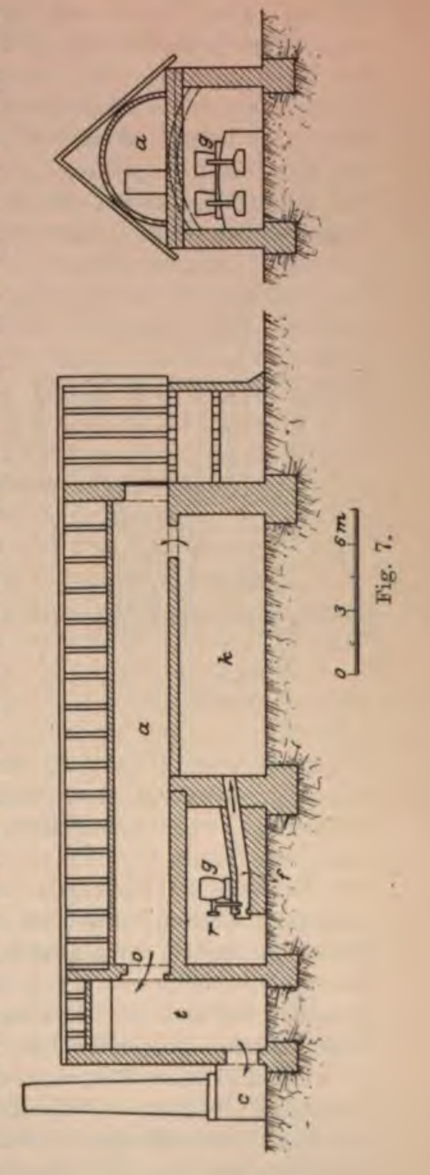


Fig. 7.

[1]) Nach Köhler.

geleitet werden. *T* ist das heizbare Reservoir für das Rohmaterial.

Das Kammersystem besteht aus drei parallelen Kammern, jede hat eine Länge von etwa 36 m, so daß die Gase einen Weg von ca. 100 m bis zum Schornstein zurückzulegen haben. Jede Kammer ist durch Zwischenräume abgeteilt. Diese Abteilungen stehen in Verbindung durch Öffnungen, welche abwechselnd in der Nähe des Daches und des Bodens der Kammern angebracht sind. Öffnungen mit Eisentüren *o* gestatten die Beseitigung des abgesetzten Rußes. Am Ende der dritten Kammer befindet sich ein ca. 15 m hoher Regulierschornstein. Eine solche Anlage produziert mit Hilfe von

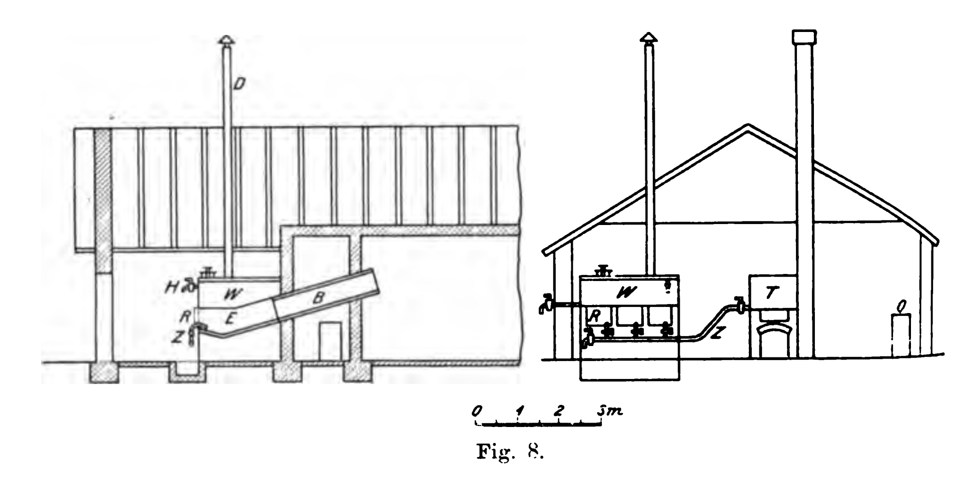


Fig. 8.

500 kg Teer etwa 100 kg Ruß pro Tag, also eine sehr geringe Leistung. Dieser Kienruß enthält nach Ornstein sehr viel teerige Substanzen, welche sich nicht einmal durch Calcinieren vollständig entfernen lassen.

Es wäre zu bemerken, daß man für die Zwecke der Kunstkohlenfabrikation, sobald es sich also nicht um die Sonderung des Rußes in mehrere Qualitäten, sondern um die Herstellung einer durchschnittlichen Sorte handelt, das Prinzip des Ringofens in Anwendung bringen könnte. Dadurch würde ein wirklich kontinuierlicher Betrieb erreicht. Die feinste Sorte könnte noch immerhin in zwei zwischen Ringofen und Schornstein eingeschalteten, abwechselnd in Betrieb befindlichen Kammern mit besonderen Kondensationsvorrichtungen (s. unten) aufgefangen und anderen Zwecken zugeführt werden. Ein Ringofensystem, welches die Scheidung des Rußes in verschiedene Sorten gestattet, erfordert eine solche Ein-

richtung, daß jede Kammer ausgeschaltet und die Kammern in beliebiger Weise miteinander in Verbindung gesetzt werden können. Ein solches System wäre zwar möglich, aber infolge der vielen Schieber und Ventile sehr kompliziert und teuer. Auch werden die Kammern bald so heiß, daß ein Weiterbrennen undurchführbar wird. Eine einfachere Konstruktion eines Rußofens, bei welchem die Kammern zwar nicht in beliebiger Reihenfolge hintereinander geschaltet, aber beliebig während des Betriebes ausgeschaltet werden können, zeigt die Figur 9.

Der Ofen wird durch die automatische Füllvorrichtung f, bestehend aus einem Blechkasten mit gelochtem Boden, unterhalb dessen ein gelochter Schieber mit Hilfe eines Exzenters e sich hin- und herbewegt, und dadurch ein regelmäßiges Durchfallen des Materials bewerkstelligt, mit der zu verbrennenden Substanz beschickt. Dieselbe fällt auf geneigte Bleche b, welche durch eine besondere Feuerung c erhitzt werden. Diese Feuerung hat ihren eigenen Schornstein d. Auf den geneigten Platten b schmilzt das Material, entzündet sich und fließt in brennendem Zustand auf die eiserne Herdplatte a, wo der Verbrennungsprozeß vollendet wird. Der Luftzug wird durch die Jalousie i geregelt. Die Rauchgase ziehen in den Hauptkanal g, welcher zum Schornstein h führt, und durch Schieber s abgesperrt werden kann. Jede Kammer k_1—k_4 kommuniziert durch zwei Ventile v, welche aus kompakten Eisenplatten mit Asbestdichtung bestehen, mit dem Hauptkanal g. Ist, wie bei k_3, der Schieber s geschlossen und sind die beiden Ventile v offen, so ziehen die Rauchgase vom Hauptkanal in die Kammer und aus derselben jenseits des Schiebers wieder in den Hauptkanal zurück. Ist dagegen wie bei k_2 und k_4 der Schieber s offen und sind die beiden Ventile v geschlossen, so ist die Kammer ausgeschaltet und die Rußgase ziehen im Hauptkanal weiter. Jede Kammer ist durch dünne Querwände l in mehrere Abteilungen gegliedert. Die Entleerung erfolgt durch Öffnungen o, welche aus gut schließenden Türen bestehen oder während des Betriebes vermauert sind. Von einer Plattform p aus werden die Schieber und Ventile gestellt.

Da der meiste Ruß sich in der ersten Kammer absetzt, wird man von den beiden Kammern k_1 und k_2 immer abwechselnd eine in Betrieb haben, während die andere ausgeleert und eventuell repariert wird. Die folgenden Kammern werden erst nach längerem Betriebe ausgeleert werden müssen, und man kann dann abwechselnd die eine ausschalten und aus ihr den Ruß entfernen, während die andere allein in Betrieb bleibt, oder man kann den Ofenbetrieb

ganz einstellen. Um Schäden in den Öfen selbst ohne Störung des Betriebes vornehmen zu können, sind je zwei Feuerungen für ein Kammersystem angeordnet, welche durch Schieber vom Haupt-

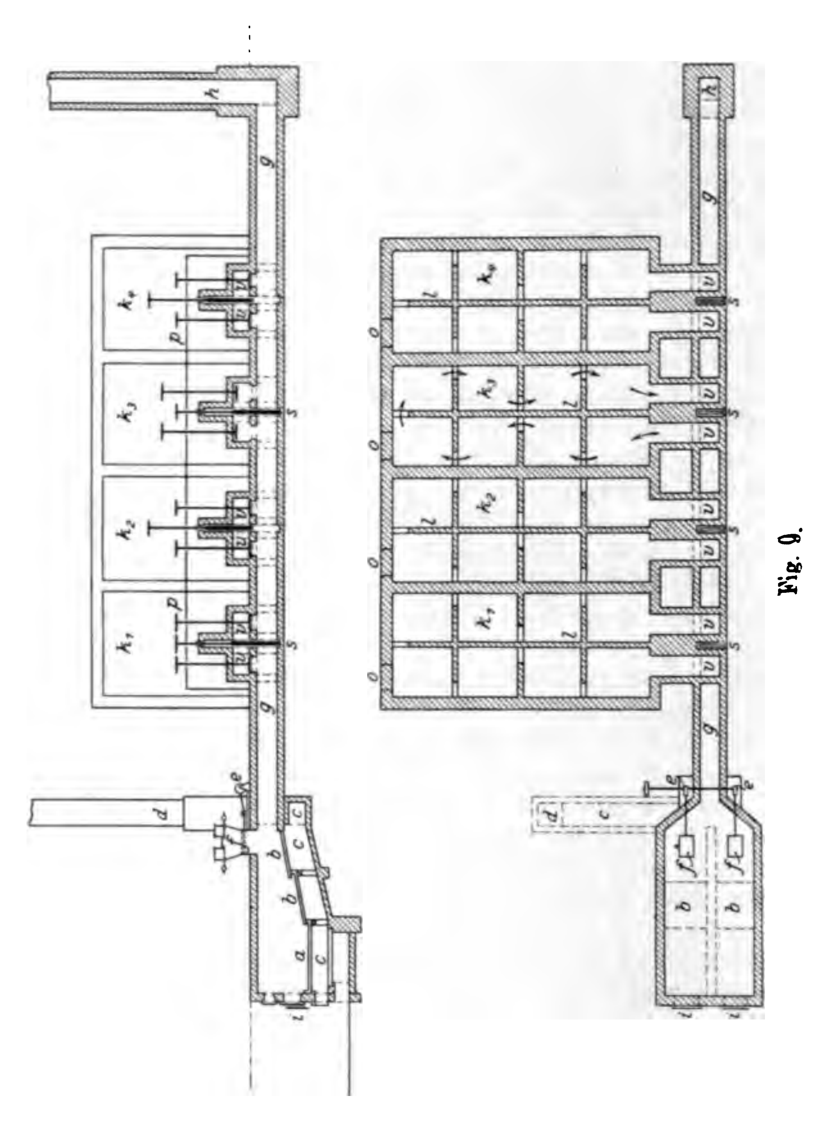


Fig. 9.

kanal *g* nach Belieben abgesperrt werden können. Soll die Anlage vergrößert werden, so läßt sich ein Anbau neuer Kammern leic- und mit nur kurz dauernder Betriebsstörung herstellen, wenn d

auptkanal bis *h* genügend lang ist. Auch empfiehlt es sich, in nselben eine der weiter unten angeführten Kondensationsvorrichngen einzuschalten.

Das Verfahren von A. Schneller und W. Wisse[1]) ist prinzipiell on allen bisher erwähnten verschieden. Bei demselben werden die asförmigen, flüssigen oder festen organischen Rohmaterialien durch inen stark gespannten Strom (40 000 Volt), welcher quer durch die Iasse des Rohmaterials geht, zersetzt. An der Stelle, wo die beiden Leitungsenden einander gegenüberstehen, wird eine sehr hohe Temperatur erzeugt, unter deren Einfluß die organischen Körper zersetzt werden. Luft muß ausgeschlossen sein. Der Apparat, in welchem der Prozeß vor sich geht, besitzt am Boden eine Ableitung zu einem Sammelgefäß, wo sich ein Teil des Rußes abscheidet, während der Rest mit den durch Destillation mitgeführten flüssigen Produkten mit Hilfe einer Pumpe in eine Dampf-Filterpresse gedrückt wird, in welcher der Ruß vollständig zurückbleibt.

Die ablaufende Flüssigkeit wird in einem geeigneten Gefäß kondensiert und wieder in den Zersetzungsapparat eingeführt, wodurch eine möglichst hohe Ausbeute an Ruß erzielt wird. Bei der Zersetzung gebildete Gase werden abgesaugt und anderwärts verwertet. Die Anordnung der Elektroden kann sehr verschieden sein; lieselben können gegenüber oder ineinander, fest oder verschiebbar ngebracht sein. Die Form kann ebenfalls verschieden gewählt erden (Platten, Stäbe u. s. w.).

Die Zersetzung durch bloße Erhitzung wäre natürlich insofern orteilhaft, als der Verlust an Kohlenstoff in Form von Kohlensäure egfällt, wie er bei der Verbrennung unvermeidlich ist, hingegen nd die Kosten des Stromes und die Verluste durch Vergasung hwerwiegende Übelstände.

c) Details der Konstruktion.

α) Öfen.

Nach Köhler (l. c.) ist es nötig, die Verbrennung so zu leiten, aß die Flamme des verbrennenden Materials genügende Hitze entickelt, um eine möglichst vollständige Abscheidung des Rußes aus en Kohlenwasserstoffdämpfen herbeizuführen und daß anderseits er Luftzutritt richtig gemäßigt wird, damit nicht ein Teil des bgeschiedenen Rußes verbrennt.

Die Verbrennung des Rohmateriales geschieht in flachen

[1]) D. R. P. 74270. Zeitschr. f. angew. Ch. 1894. S. 252.

eisernen oder gemauerten Schalen oder auf Platten, oder in aus winkelig zusammenstoßenden Blechen hergestellten Pfannen, seltener in geneigt liegenden Retorten Das Rohmaterial wird, wenn es fest ist, direkt auf die Heizfläche aufgeschüttet, häufig aber in geschmolzenem Zustand durch Trichter oder durch Röhren auf die Heizplatte auffließen gelassen. Zum Schmelzen verwendet man vorteilhaft die durch den Prozeß selbst entwickelte Wärme. Je nach dem verwendeten Rohmaterial sind die zur Aufnahme der rußliefernden Substanzen bestimmten Schalen so eingebaut, daß sie von unten geheizt werden können (bei schwer schmelzendem Rohmaterial), oder daß sie gekühlt werden, indem sie in eine zweite, größere Schale eingesetzt sind, und der hierbei sich ergebende Zwischenraum von kaltem Wasser durchflossen wird (bei stark schwelendem Material). Bei den Schwarzwälder Öfen ist die Decke des Verbrennungsraumes gekühlt, was insofern rationell ist, als die im Rußofen entwickelte Wärme zum Eindampfen von Flüssigkeiten nutzbar gemacht werden kann.

Wesentlich anders ist das Verbrennungsverfahren Thalwitzers[1]), bei welchem das flüssige oder geschmolzene Rohmaterial durch einen Zerstäuber in einen gewölbten Raum eingeblasen und dort entzündet wird. Die Rußausbeute soll gut sein (25 %), doch sind die Kosten des Verfahrens noch zu hoch.

Die Regulierung des Luftzuges, welche, wie bereits erwähnt, für den Betrieb von größter Bedeutung ist, geschieht entweder mit Hilfe einer Klapp- und Schiebetür, wie sie bereits beschrieben wurde, oder mittels einer Jalousie, deren Bleche mit einer eisernen Führung verbunden sind. Zwischen den einzelnen Blechen bleiben je nach der Stellung, welche man denselben gibt, größere oder kleinere Zwischenräume, durch welche die Luft in den Ofen eintreten kann.

Die Kölner Rußfabriken Akt.-Ges.[2]) verwenden einen zylindrischen drehbaren Ofen. Beim Eintritt in denselben entzündet sich das Rohmaterial (Teer) und verbrennt während der zum Durchlaufen des Zylinders erforderlichen Zeit teilweise zu Ruß, während der unverbrannte Teil durch einen Rohrstutzen abfließt. Der Zylinder kann im Inneren mit einer Transportschnecke und außen mit einer feststehenden Haube zur Abführung des Rußes versehen sein. Der Zu- und Abfluß des Teers sowie der Lufteintritt lassen sich genau regeln.

---

[1]) Chem.-Zeitg. 1894. S. 4ff.

[2]) D. R. P. 133270 von 1901.

β) Kammern.

Das geeignetste Material zur Herstellung der Kammern ist Mauerwerk, weil dasselbe infolge seiner rauhen Oberfläche das Absetzen des Rußes begünstigt und infolge seines geringen Wärmeleitungsvermögens die Kondensation des Wasserdampfes in den Kammern verhindert. Nach Köhler wird nach Fertigstellung des Rohbaues (aus roten Steinen) der Mörtel auf etwa 1 cm Tiefe herausgekratzt und die Wandung von anhaftenden Sand- und Mörtelteilchen sorgfältig gereinigt. Nun wird der ganze Bau mit dickem Zementmörtel ausgefugt, so daß nur die Fugen verstrichen sind und die Steine bloßliegen. Sodann wird auf den Boden eine Schicht Kohlenasche oder trockenen Sandes ausgebreitet und darauf der Plattenboden aus Backsteinen gelegt, so daß zwischen denselben breitere Fugen, von etwa $^1/_2$ cm Breite, bleiben, worauf der Boden mit einem gleichmäßigen, dünnen Zementguß versehen wird.

Nachteile der gemauerten Kammern sind der verhältnismäßig hohe Preis, namentlich aber der Umstand, daß beim Entleeren der Kammern die Verunreinigung des Rußes durch abbröckelnden Mörtel und Mauerwerk nicht zu vermeiden ist. Dies ist aber, wenn der Ruß zur Kunstkohlenfabrikation dienen soll, höchst nachteilig. Allerdings läßt sich dieser Übelstand durch sorgfältige Manipulation vermeiden.

Im Interesse der Aschenfreiheit des Rußes wäre es daher, die Kammern aus Blech (Wellblech) herzustellen; Köhler glaubt, daß dieses nicht geeignet sei, weil der Ruß sich an den glatten Flächen desselben weniger gut absetze, und weil infolge der guten Wärmeleitung des Bleches ein großer Teil des in den Rauchgasen befindlichen Wasserdampfes sich kondensieren würde, wodurch die Qualität des Rußes verschlechtert wird. Dem letzteren Übelstande ließe sich dadurch begegnen, daß man die Kammerwände mit einem Mantel von Wärmeschutzmasse versieht. Tatsächlich sind Kammersysteme aus Wellblech in Gebrauch und bewähren sich gut. Holz, welches sonst in jeder Hinsicht das geeignetste Baumaterial wäre, ist zu feuergefährlich, namentlich in jenen Teilen des Kammersystems, welche der Feuerung naheliegen. Auch wenn es nicht in Brand gerät, wird es infolge der hohen Temperatur bald mürbe und bröcklig. Vielleicht könnte man durch geeignete Imprägnierung das Holz haltbarer und weniger leicht brennbar machen.[1])

Im Inneren der Kammern werden häufig Scheidewände aufgeführt, welche einerseits dazu dienen, den Weg der Rauchgase zu verlängern, anderseits die Oberfläche zu vergrößern, an welcher

[1]) Nickelmann, D. R. P. 124400, Imprägnierung des Holzes mit Magnesium-Ammoniumsulfat.

sich der Ruß absetzt. Dieselben haben abwechselnd an verschiedenen Seiten der Kammer Öffnungen, durch welche die Rußgase durchziehen und daher einen zickzackförmigen Weg machen müssen. Bezüglich des Materiales, aus welchem sie herzustellen sind, gilt dasselbe wie für die Kammern selbst.

γ) Apparate zur vollständigen Abscheidung des Rußes.

In den Kammern wird der Ruß niemals vollständig abgesetzt, auch wenn der Weg, den die Rußgase zu machen haben, sehr lang ist. Es existieren zahlreiche Vorschläge zur Kondensation des Rußes, welche zum großen Teil nicht im Interesse der Rußfabrikation, sondern zur Unterdrückung der Rauchbelästigung in Städten gemacht wurden.

Die Entrußung der Gase ist entschieden die schwierigste Aufgabe der Rußfabrikation. Zum Teil läßt sich dieselbe durch genaue Regelung des Luftzuges lösen. Daher ist es unter allen Umständen nötig, im Schornsteinkanal einen gut gearbeiteten Registerschieber anzubringen. Eine besonders früher häufig angewendete Konstruktion (s. S. 56 u. 57), die letzten feinen Rußteilchen zurückzuhalten, sind sackförmige Filter aus grobmaschigem, rauhem Gewebe (Jute), deren Wirkung eine gute ist; jedoch sind dieselben einer raschen Zerstörung ausgesetzt, auch werden die Maschen durch den abgesetzten Ruß bald verstopft. Durch läufiges Schütteln des Filters läßt sich diesem Übelstand wohl begegnen, jedoch wird der Stoff durch die Infiltration mit teerigen Produkten mit der Zeit immer undurchlässiger.

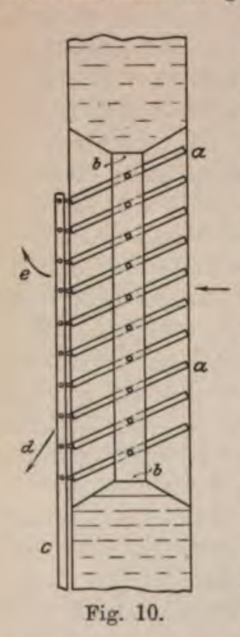


Fig. 10.

In befriedigender Weise wirkt nach Köhler[1]) eine am Ende des Kammersystems angebrachte Jalousie (Fig. 10) von etwa 1 qm Fläche. Dieselbe besteht aus 10 Blechen *a* von 50 cm Breite, welche in Abständen von 10 cm drehbar in einen eisernen Rahmen *b* eingesetzt sind und durch eine eiserne Führungsstange *c* horizontal oder schief gestellt werden können. Die Rußflocken prallen an den Blechen ab und fallen außerhalb der Kammer zu Boden (*d*), während die Gase bei *e* in den Schornstein abziehen. Die Jalousie muß an der höchsten Stelle der letzten Kammer angebracht werden, damit der

[1]) Köhler l. c.

abgeschiedene Ruß nicht aufgewirbelt wird. Diese Vorrichtung ist später Honold und Savelsberg patentiert worden.[1]).

Besser noch eignet sich der Siemenssche Spiraldeflektor zur Abscheidung des Rußes. Das Prinzip desselben ist, die Rauchgase längs einer spiralen Fläche hinzuführen, wobei durch die dabei auftretende Zentrifugalkraft die Rußteilchen sich zu größeren Flocken vereinigen und tangential gegen die Wände eines Zylinders fliegen, welcher die Spirale umgibt und als Sammelraum für den Ruß dient. In Fig. 11 ist eine solche Einrichtung am Fuße eines Schornsteins dargestellt. (Sie kann auch auf demselben angebracht werden, was für Rußfabriken minder bequem ist.) Mit Hilfe der Schieber *a a' a''* kann der Apparat ein- und ausgeschaltet werden. Der Spiraldeflektor *s* selbst kann mit Hilfe der Kette *k* nach Bedarf höher oder niederer gestellt werden. Der herabfallende Ruß wird von Zeit zu Zeit durch die Öffnung *o* beseitigt. Der Boden des Sammelraumes kann auch drehbar gemacht werden, um das Entfernen des Rußes zu erleichtern.

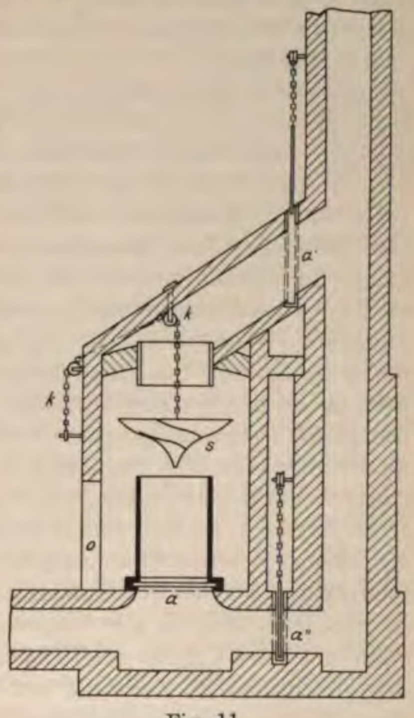


Fig. 11.

Eine andere Art von Rußabscheidung beruht darauf, die Gase durch eine Sperrflüssigkeit zu saugen oder mit Hilfe einer feinzerstäubten Flüssigkeit zu waschen. Lindner[2]) läßt die Gase aus den Rußkammern noch durch eine Reihe kleinerer Räume ziehen, woselbst sie abwechselnd mit Dampf und einem Staubregen zusammentreffen; durch den Dampf wird der Ruß so befeuchtet, daß er durch den darauffolgenden Sprühregen benetzt und zu Boden gerissen wird. Durch einen Schlammkanal wird der so abgeschiedene Ruß

[1]) D. R. P. 66044 von 1892.
[2]) D. R. P. 47907 von 1888.

auf ein offenes Filter geschafft. Ähnlich ist das Verfahren von Benoist und Comolly.[1] Dewey[2]) zieht die Gase durch ein Bad von solchen Stoffen, welche Ruß gut benetzen (Petroleum, Alkohol, Öl, Terpentin, organische Säuren u. s. w.), oder setzt sie einem Sprühregen solcher Körper aus. Dieses Verfahren dürfte wegen seiner Feuergefährlichkeit und Kostspieligkeit nicht praktisch sein, obwohl die angewandten Körper jedenfalls besser wirken wie Wasser. Gontard[3]) läßt die Gase über Scheiben hinstreichen, welche zum Teil in die Flüssigkeit eintauchen und sich daher stets selbst benetzen. Wassermann[4]) benutzt das Prinzip des Segnerschen Wasserrades zur Ansaugung und Befeuchtung der Gase, welche er noch durch ein System vertikal stehender und zur Streichrichtung der Gase senkrechter, feiner Drahtgewebe führt.[5]) Rösing[6]) bewerkstelligt die Absonderung dadurch, daß in den Rauchkammern parallel der Zugrichtung eine sehr große Anzahl von Drähten (100 000 Stück und mehr) an frei unter der Decke ausgespannten Drahtnetzen angehängt wird; der an den Drähten sich festsetzende Ruß kann durch Schüttelvorrichtungen zum Niederfallen gebracht und durch Räumöffnungen entfernt werden. Rößler und Reinhard[7]) führen die Rauchgase durch ein Rohr mit schraubenförmigem Einsatz unter eine geeignete Sperrflüssigkeit, welche die Rußteilchen benetzt und zur Abscheidung bringt, während die gereinigten Gase entweichen. Durch die mit eingepreßte Luft gerät die Flüssigkeit in eine kreisende Bewegung, welche eine innige Mischung der Rußteilchen mit derselben und somit eine weitgehende Kondensation ermöglicht.

Von Bedeutung endlich kann die elektrische Beseitigung des Rußes werden, welche darauf beruht, daß hochgespannte elektrische Entladungen die Eigenschaft besitzen, Dampf und Rauch jeder Art zu kondensieren (Lodge). Irvine und Mitchell[8]) haben neuerdings Versuche angestellt, indem sie mit zwei schmiedeeisernen Platten, welche mit zahlreichen Spitzen versehen waren, die Pole einer kleinen Dynamomaschine verbanden. Die Platten waren $\frac{3}{4}$—1 m voneinander entfernt und bis auf die Spitzen mit iso-

[1] Franz. Pat. 226418 von 1892.
[2] D. R. P. 51896. Engl. Pat. 14644 von 1889.
[3] D. R. P. 34324 von 1885.
[4] D. R. P. 35104 von 1885.
[5] Jehl (s. dessen Buch) hat einen ähnlichen Vorschlag gemacht.
[6] U. S. P. 432410 von 1890.
[7] D. R. P. 54201 von 1890.
[8] Chemiker-Ztg. Rep. 1889.

lierendem Material überzogen. Zwischen den beiden Platten befindliche mit Ruß überladene Luft war in 2—3 Minuten fast rußfrei. Nur die hohen Kosten der elektrischen Kraft sind nach Köhler ein Hindernis für die Verwendung dieser einfachen Methode.[1])

δ) Betrieb der Rußöfen.

Die Rohmaterialien bedürfen mit Ausnahme des Teers, welchen man entwässert und von den flüchtigsten Anteilen befreit, keiner besonderen Vorbereitung. Will man mit gasförmigem Rohmaterial arbeiten (Ölgas, Kokereigas, Acetylen),[2]) so gehört zur Rußanlage noch eine entsprechende Einrichtung zur Darstellung desselben.

Bei neu angelegten Rußfabriken beginnt man den Betrieb mit minderwertigem Material, da der anfangs erzeugte Ruß von schlechter Qualität ist. Dies rührt daher, daß der Bau noch Feuchtigkeit einschließt, welche von den heißen Gasen verdampft werden muß, wodurch sich dieselben abkühlen. Diese Abkühlung beeinflußt die Geschwindigkeit der Rußgase, so daß die Destillation unverbrannter Kohlenwasserstoffe in die Kammern befördert werden kann, außerdem befindet sich der Wasserdampf in zu langer Berührung mit dem Ruß, wodurch der letztere schmierig wird. Endlich bewirkt die Erwärmung des Mauerwerks und die damit verbundene Volumsänderung ein häufiges Ablösen von Mörtel- und Sandfragmenten, welche den Ruß verunreinigen. Man verbrennt daher anfangs geteerte Hobelspäne, geölte Putzwolle u. dergl. bei vollständigem Luftzutritt, damit die Luft in den Kammern in Zirkulation kommt und damit sich in dem anfangs kalten Verbrennungsraum kein Flatterruß ansetzt, der später glühend werden und durch den Luftstrom in die Kammern geführt werden würde, wodurch gefährliche Brände entstehen können. Sobald genügender Zug vorhanden ist, wird die Luftzufuhr soweit beschränkt, daß die Rohmaterialien mit trübroter Flamme brennen und die aus dem Schornstein entweichenden Gase möglichst rußfrei sind. Anderseits darf die Luftzufuhr nicht zu weit vermindert werden, weil sonst Destillation von Kohlenwasserstoffen Platz greift, welche den Ruß verunreinigen und zu gefährlichen Explosionen führen können, da ein Gemisch von solchen Gasen mit Luft und Ruß explosive Eigenschaften besitzt (Engler).[3]) Bei normalem Betriebe kommen Explosionen nicht vor, da dann Destillationsprodukte nur in ungenügendem

[1]) Chemiker-Ztg. 1894. S. 4.
[2]) Berger & Wirth. D. R. P. 92801 von 1896.
[3]) Chem. Indûstrie. 1885. S. 171 u. 385.

Maße mit in die Kammern gehen. Für die Herstellung des Rußes zur Kunstkohlenfabrikation ist die Beobachtung wichtig, daß bei beschränkterem Luftzutritt, also stark rußender Flamme, der Ruß zwar gröber, was aber belanglos ist, dafür aber reichlicher erzeugt wird. Bei Wind sind die Ausbeuten schlechter als bei ruhigem regnerischem Wetter; in der kalten Jahreszeit geht die Fabrikation besser als im Sommer von statten.

Vor dem Ausnehmen des Rußes müssen die Kammern genügend abkühlen, worauf man ihn durch Abkehren mit weichen Besen von den Wänden streift und meist in der Kammer selbst vorsichtig in Säcke packt, was bei der ungemein lockeren Beschaffenheit desselben keine angenehme Arbeit ist.

ε) Reinigung des Rußes.

Zur Beseitigung von Fremdkörpern (Sand, Mörtel, Nägel u. dergl.) wird der Ruß durch ein Sieb gedrückt, oder man bedient sich eines Ventilators, in welchen man den Ruß mittels einer Schaufel einträgt; der leichte Ruß wird in eine hölzerne Kammer geweht, während die schwereren Verunreinigungen am Ende des Ventilators in einen Kasten geschleudert werden. Empfehlenswerter ist nach Köhler die Sichtmaschine von Zemsch.[1] Dieselbe (Fig. 12) be-

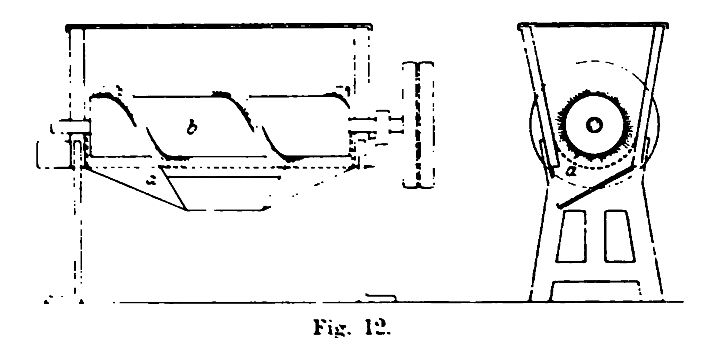


Fig. 12.

steht aus einer halbkreisförmigen Rinne *a* aus feinem Drahtnetz, in welcher sich eine in schraubenförmiger Anordnung mit Schweinsborsten besetzte Holzwalze *b* dermaßen dreht, daß die Bürsten die Maschen des Siebes bestreichen und dieselben von anhaftenden Rußteilchen säubern. Die Walze wirkt gleichzeitig als Transportschnecke, indem sie den Ruß über die ganze Fläche weiterführt, ihn durch die Maschen des Siebes hindurchdrückt und die Ver-

[1]) Köhler, l. c. S. 42.

unreinigungen seitlich hinausbefördert. Der abgesiebte Ruß fällt nach unten in einen Holzkasten. Nach Ornstein werden jedoch durch die ziemlich starken Borsten auch weichere Fremdkörper zerdrückt und gelangen als feines Pulver in den Ruß, was natürlich sehr nachteilig ist.

Eine chemische Reinigung des Rußes, wie sie für andere Zwecke nötig ist (mit Spiritus, Laugen oder konzentrierter Schwefelsäure), ist für die Verwendung als Lichtkohlenmaterial nicht nötig. Wohl ist es aber empfehlenswert, den Ruß, namentlich wenn er verfrachtet werden soll, zu pressen und zu calcinieren.

ζ) Pressen und Calcinieren.

Der lockere Ruß wird in dichte Säcke gefüllt und dabei durch Treten auf den Sack so weit verdichtet, bis er sich ballt. Ist eine größere Menge auf diese Weise in den Sack gebracht, so kann dieselbe mit Hilfe einer Spindelpresse weiter komprimiert werden. Der Ruß wird vor seiner Verwendung in der Regel durch mechanische Bearbeitung noch weiter verdichtet. Unbedingt nötig ist dies dann, wenn er vorher nicht in den Säcken zusammengepreßt wurde. Man verwendet zur Knetung des Rußes Koller und Kalander (siehe S. 89 und 103). Nach Schiff & Co.[1]) beträgt:

das mittlere spezif. Gewicht des	rohen ungepreßten Rußes	0,041
" " " " "	gekollerten und einmal kalanderten Rußes . . .	0,236
" " " " "	viermal kalanderten Rußes	0,306
" " " " "	achtmal " "	0,370

Soll der Ruß calciniert werden, was für die Kunstkohlenfabrikation nicht immer nötig ist, so wird derselbe in gußeiserne Tiegel eingepreßt (40 cm hoch, 24 cm Durchmesser), welche an ihrem oberen Rande einen Falz haben, in welchen der Boden eines andern Tiegels hineinpaßt, so daß sie sich gegenseitig als Deckel dienen und nur der oberste Topf mit einem besonderen Deckel versehen zu werden braucht. Das Calcinieren erfolgt in einem Ofen, wie er in der nebenstehenden Figur 13 abgebildet ist: über einem Roste *r* befinden sich Gewölbe *g* aus feuerfestem Material, welche ca. 22 cm breit sind und durch Zwischenräume *z* von etwa 10 cm Breite getrennt sind. Durch dieselben steigen die heißen Feuergase empor. Auf die Gewölbe *g*, welche oben eine horizontale Fläche bilden, werden nun die Rußtöpfe gestellt, wobei man so viele derselben aufeinander stellt, als es die Ofenhöhe erlaubt. Die Fugen zwischen

[1]) Privatmitteilung.

den einzelnen Töpfen werden mit Lehm abgedichtet. Das aus feuerfesten Steinen hergestellte Ofengewölbe hat vier mit Schiebern *s* versehene Zuglöcher. Die Beschickung und Entleerung des Ofens geschieht durch die Arbeitsöffnung *a*, welche während des Betriebes geschlossen ist. Der Ofen wird durch 18—24 Stunden auf dunkle Rotglut erhitzt.

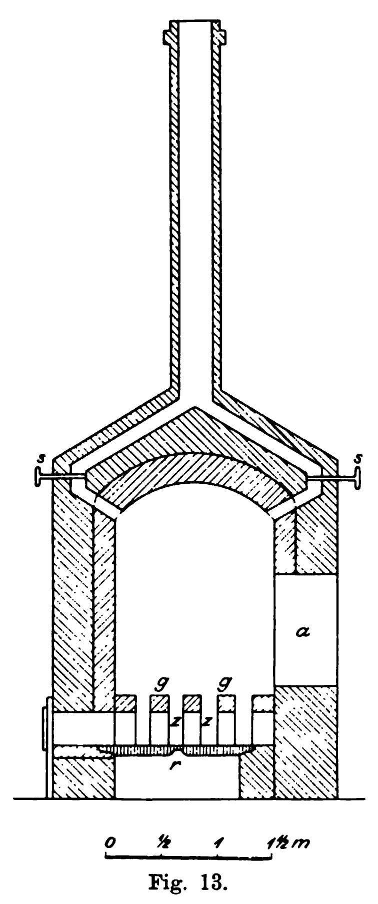


Fig. 13.

Manche Fabriken calcinieren den Ruß in losem Zustande, weil derselbe von besserer Qualität sein soll. Für die Kunstkohlenfabrikation ist dies belanglos. Man benutzt dazu schiefliegende eiserne Röhren (alte Gas- und Wasserleitungsröhren), überzieht diese außen mit einer dünnen Schichte Lehm und versieht sie mit Deckeln; die am unteren Ende der Röhren befindlichen Deckel reichen so weit hinein, daß der von oben eingefüllte Ruß vollständig im Feuer liegt, die oberen Deckel haben eine kleine zentrale Öffnung, durch welche die Gase entweichen können. Die Feuerung ist eine gewöhnliche Rostfeuerung; man bringt zwei Reihen von Röhren zu je fünf oder sechs Stück in einen Ofen. Der Ruß wird wieder nur so weit in die Röhren gefüllt, als dieselben vom Feuer umspielt werden, und mit einem Stößel sanft festgedrückt. Hierauf werden die Deckel mit Lehm gedichtet. Beim Abkühlen wird auch die Öffnung, durch welche die Gase aus den Röhren entweichen, mit Lehm verschlossen. Am besten eignen sich zum Calcinieren des Rußes in größeren Mengen die in den Zuckerfabriken verwendeten Spodium-Glühöfen (Systeme Baechlé, Langen, Fichet u. a.), bezüglich deren auf die Werke über Zuckerfabrikation verwiesen sei.[1])

[1]) Z. B. Possanner, Technol. d. landwirtschaftl. Gewerbe, II. Bd. S. 135. (4. Aufl.)

Der calcinierte Ruß muß vollständig auskühlen, bevor er ausgenommen wird, da er leicht selbstentzündlich ist. Er enthält noch immer merkliche Mengen empyreumatischer Körper.

Ofenruß. Dieses Material, welches in beliebigen Mengen[1]) und zu billigem Preise zu beschaffen wäre, eignet sich wegen seines hohen Aschengehaltes — wenigstens in rohem Zustande — nicht für die Kunstkohlefabrikation. Hier seien einige Analysen angeführt:

	Schornsteinruß aus London nach Hutton (gekürzte Analyse)	Ruß aus Glasgow nach Hutton ebenso	Ofenruß nach W. Forster[2])
Kohlenstoff	53,18	35,7	} 41,37
Teer	18,00	15,0	
Wasser	2,80	7,2	8,93
Schwefelsaures Ammoniak	6,80	10,86	11,55
Asche (circa)	19,00	31,00	38,00

Natürlich wurden Versuche angestellt, den Ofenruß nach den gebräuchlichen Verfahren zu reinigen, welche im folgenden mitgeteilt seien. Der angewandte Ofenruß zeigte 3,1% Feuchtigkeit, 22,5% Glühverlust und 31,7% Asche. Nach dem Schlämmen mit Wasser sank der Aschengehalt auf 24,9%. Wenn die Reinigung durch Kochen mit Lauge, Waschen mit heißem Wasser, darauffolgendes Erhitzen mit Salzsäure und nochmaliges Waschen bewirkt wurde, reduzierte sich der Aschengehalt auf 11,8%. Besser wirkt die Behandlung mit verdünnter Flußsäure und Salzsäure in mäßiger Wärme und darauffolgendes Auswaschen; dann geht der Aschengehalt auf 1,1% herab.

Da der Ofenruß pro 100 kg kaum mehr wie 3—4 Mk. kostet, außerdem die Kosten für das Mahlen ganz wegfallen, dürfte sich die Reinigung mit Flußsäure oder Fluorammonium und Schwefelsäure als praktisch durchführbar erweisen, da der reine Ruß 25—30 Mk. pro 100 kg kostet. Durch das vorangehende Schlämmen verliert der Ruß auch seine lockere Beschaffenheit, was für die Bearbeitung günstig ist. Jedenfalls würde die Reinigung des Ofenrußes eher ökonomisch möglich sein als die des Anthracites.[3])

---

[1]) 100 kg Steinkohle liefern in unseren gewöhnlichen Feuerungen etwa 120 g Ruß.

[2]) Chemiker-Ztg. 1894. S. 4 ff.

[3]) Über Rußfabrikation siehe noch Köhlers Referat: Chemiker-Zeitung 1899. S. 4 ff., ferner: Belgisches Pat. 156218 (Ruß aus Teer) und Französ. Pat. 310350 (Ruß aus Asphalt) der Kölner Rußfabriken Aktiengesellschaft; Belg. Pat. 146029 (Ruß aus Teer) von G. Wegelin; Belg. Pat. 146034 (Ruß aus Gasen) von Thalwitzer; Engl. Pat. 8995 von 1901, Bente (Ruß aus Teer); D. R. P. 40909 und 44871 H. Koch (Ruß aus Gasen).

Ein rußähnliches Produkt wird nach dem Verfahren von A. Frank, Charlottenburg,[1]) erhalten, indem man Acetylen oder acetylenhaltige Gasgemische, auch Dämpfe von schweren Kohlenwasserstoffen mit Kohlenoxyd oder Kohlendioxyd mischt, das so erhaltene Gasgemisch durch erhitzte Rohre leitet und es dem elektrischen Funken unter erhöhtem Druck unterwirft. Durch Erhöhung des Druckes und der Temperatur erhält man ein graphitähnliches Produkt. Der Prozeß kann durch Kontaktsubstanzen unterstützt werden. Man kann z. B. gepulvertes Calciumkarbid in einem Rohr auf 200—250° erhitzen und Kohlenoxyd bis zum Aufhören der Absorption durchleiten. Das Produkt wird vom Kalk durch Säuren befreit und gewaschen (s. Graphit S. 43).

8. Teerruß.[2])

Man kann den Kohlenstoffgehalt des Teers und Teerpechs in dreierlei Art zur Herstellung eines für die Zwecke der Kunstkohlenfabrikation geeigneten Rohmaterials ausnützen: 1. durch Verbrennung des Teers und Darstellung von Ruß, 2. durch Verkokung (Teerkoks) und 3. durch Extraktion (Teerruß). Die beiden ersten Verfahren sind bereits besprochen worden, es erübrigt noch das dritte zu erörtern. Der Teer und namentlich das Teerpech enthalten mehr oder weniger große Mengen von sehr fein verteiltem Kohlenstoff, welcher zum größten Teil durch pyrogene Zersetzung der bei der trockenen Destillation entstehenden Gase und Dämpfe sich bildet, zum Teil auch mechanisch mitgerissener Kohlenstaub ist. Das Verfahren, den Teerruß der Kunstkohlenfabrikation dienstbar zu machen, rührt, soviel ich weiß, von J. Rudolphs (Stockholm) her. Es kann hier nur das Prinzip besprochen werden, da die praktische Ausführung Fabriksgeheimnis ist.

Um der Masse die nötige Dünnflüssigkeit zu geben, welche für die Filtration nötig ist, wird das erwärmte Pech (oder der Teer) in mit Rührwerk versehenen geschlossenen Kesseln mit leichten Teerölen, Benzin u. dergl. angerührt. Hierauf wird der dünnflüssige Brei durch Filterpressen mit dichter Einlage gedrückt, wobei das als Teerruß bezeichnete Produkt in den Filtern zurückbleibt, während die abfließende Masse behufs Wiedergewinnung der flüchtigen Anteile einer Destillation mit Dampfheizung unterzogen wird. Die

---

[1]) Engl. Pat. 12211 vom 12. Juni 1900.

[2]) Siehe Brandt, Chemiker-Ztg. 1901, S. 982.

hierbei zurückbleibende Masse kann in gewöhnlicher Weise der weiteren Destillation unterworfen oder beliebigen anderen Zwecken zugeführt werden.

Der so erhaltene Teerruß ist weit davon entfernt, reiner Kohlenstoff zu sein. Er enthält noch eine Menge organischer Substanzen und bildet schwarze plastische Kuchen, welche bei längerem Liegen grünliche kristallinische Effloreszenzen (Anthracen, Naphthalin u. dergl.) bekommen. Ein solches Produkt zeigte:

Asche	0,04 %
Glühverlust	35,13 „
mittleres spez. Gewicht	1,11 „
wirkliches spez. Gewicht	1,45 „

H. Köhler[1]) hat den Teerruß möglichst rein zu erhalten gesucht, indem er den Teer mit Eisessig, Toluol und Benzol bis zur Erschöpfung behandelte. Er bildet dann ein braunschwarzes zartes Pulver, dessen Analyse ergab:

Wasserstoff	3 %
Kohlenstoff	91 „
Asche	0,4—0,8 „

Der Gehalt an Teerruß beeinflußt die Dichte des Teers,[2]) z. B.

Gehalt an Teerruß	Dichte	Gehalt an Teerruß	Dichte
23,75 %	1,220	15,07 %	1,172
20,93 „	1,205	14,05 „	1,164
19,92 „	1,195	14,00 „	1,161
18,24 „	1,190	13,50 „	1,155
15,70 „	1,180	12,44 „	1,150
15,15 „	1,175	5,00 „	1,115

Der Teerruß bildet beim Verkoken eine sehr harte und poröse Kohle (s. Brandt l. c. und das 4. Kapitel III.). Koksofenteer enthält weniger freien Kohlenstoff als Gasteer. Nach dem Verfahren der Reinigung des Teers von E. Jacobsen,[3]) welches im Prinzip dem oben angeführten ähnlich ist, wird Steinkohlenteer

[1]) Chem. Centralbl. 1889, I. 87.
[2]) Köhler, Dingl. polyt. Journ. 270, 233.
[3]) Dingl. polyt. Journ. 198, 356.

mit dem halben Volum Schwefelkohlenstoff versetzt, wodurch der freie Kohlenstoff pulverig abgeschieden wird, worauf man abdekantiert. Setzt man zum Steinkohlenteer Petroleumbenzin, so scheidet sich der freie Kohlenstoff zusammen mit asphaltartigen Substanzen ab und bildet eine zähe und schwer zu behandelnde Masse. Im großen stellen sich diesem Verfahren als Schwierigkeiten die Feuergefährlichkeit des Betriebes und die nicht zu vermeidenden beträchtlichen Verluste der flüchtigen Lösungsmittel entgegen.

3. Kapitel.

Bindemittel und Zusatzmaterialien.

Bindemittel.

In früherer Zeit hat man so wie in der Brikettfabrikation auch bei der Herstellung künstlicher Kohlenkörper die verschiedensten Bindemittel benutzt.

1. Teer.

Gegenwärtig wird ausschließlich Teer als Bindemittel angewendet. Der billige Preis, die geringe Menge von Asche, seine große Viskosität, sowie der Umstand, daß beim Glühen ein Drittel seines Gewichtes teils in Form des von vornherein in ihm enthaltenen feinverteilten Kohlenstoffes (Ruß), teils in Form des Kokses, welcher sich durch Zersetzung verschiedener in ihm vorhandener Körper bei hoher Temperatur bildet, in den Kohlenkörpern zurückbleibt und dadurch die Dichtigkeit derselben durch den Glühprozeß nicht allzusehr gemindert wird, diese Umstände sind die Ursachen, daß der Teer allein als Bindemittel in Betracht kommt.

Derselbe wird vor seiner Verwendung entwässert und von den flüchtigsten Anteilen befreit. Solcher Teer zeigt bei 20⁰ ein spezifisches Gewicht von ca. 1,2, bei 120⁰ 1,16.

Einige praktisch verwendete Teersorten zeigten folgende Zusammensetzung:

	I. Teer aus Wien	II. Teer aus Breslau
unter 110° Flüchtiges	5,6	—
Asche	0,06	0,09
freier Kohlenstoff . .	24,90	20,60
spez. Gew. bei 20° .	1,201	1,193.

Im allgemeinen wird Steinkohlenteer von der Leuchtgaserzeugung am besten sein. Teer aus Koksöfen ist häufig gleichwertig, zeigt aber nicht selten einen höheren Aschengehalt, ein Übelstand, welchen der Hochofenteer in noch weit höherem Maße besitzt. Das letztere Produkt dürfte auch wegen seines geringen spezifischen Gewichtes und seiner sonstigen abweichenden Eigenschaften nicht ohne weiteres anwendbar sein. Auf dem Kontinent wird es übrigens kaum irgendwo gewonnen.[1])

Braunkohlenteer und Holzteer dürften sich ebenfalls minder gut eignen, wenigstens sind Versuche mit letzterem nicht befriedigend ausgefallen. Die Ursache davon liegt in der zu geringen Viskosität.

An einen für die Zwecke der Kunstkohlenfabrikation geeigneten Teer sind folgende Anforderungen zu stellen: genügende Dickflüssigkeit, damit die daraus hergestellte Kohlenmischung einen Teig von passender Konsistenz bildet, und nicht zu hoher Gehalt an pechartigen amorphen Substanzen, welche bei dem darauffolgenden Glühprozeß ein Aufblähen und Poröswerden der gepreßten Stücke verursachen. Aus diesem Grunde wird im Gegensatz zur Brikettindustrie fast ausschließlich Teer und nicht das billigere Teerpech[2]) verwendet. Der Gehalt an freiem Kohlenstoff ist innerhalb der tatsächlich beobachteten Grenzen (7—33 % nach Lunge) vorteilhaft. Endlich darf der Teer, wenigstens insoweit er zur Herstellung der Lichtkohlen Verwendung finden soll, keine erheblichen Aschenmengen enthalten (nicht über 0,1 %). Für die Herstellung von Kohlenkörpern aus aschenhaltigen Kohlenmodifikationen kommt der Aschengehalt des Teers natürlich weniger oder gar nicht in Betracht.

Der Teer wird, wie bereits erwähnt, im entwässerten Zustand verwendet und häufig von den flüchtigsten Anteilen durch Destillation befreit. Gewöhnlich bezieht man solchen sog. präparierten Teer direkt von den Fabriken für Teerdestillation. Meist beschränkt

[1]) Lunge, Steinkohlenteer. 4. Aufl. I. S. 121.
[2]) Siehe übrigens das Kapitel über die amerikanischen Methoden.

sich die „Präparierung" auf die Abscheidung des Wassers.[1]) Wenn aber eine Kohlenfabrik auch Teerruß[2]) fabriziert, so kann es ihr erwünscht sein, selbst den Teer zu entwässern und von den leichter flüchtigen Anteilen zu befreien, weil diese letzteren als wichtiges Ingrediens bei der erwähnten Fabrikation Verwendung finden.

Was die Aufbewahrung des Teers betrifft, so verwendet man am besten eiserne allseitig geschlossene Reservoirs (Fig. 14) aus

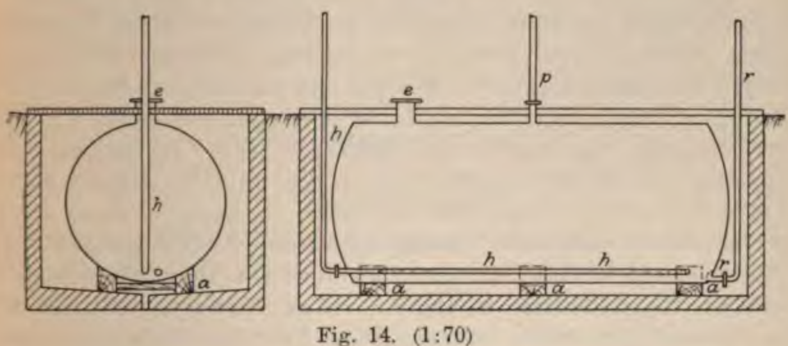


Fig. 14. (1:70)

Schmiedeblech, welche mit einem verflanschbaren Einlaufstutzen *e*, einem Heizrohr *h* für Dampf (als Schlange oder als Rippenkörper ausgebildet) und einem Rohr für die Entnahme des Teers *r* zu versehen sind. Das letztere Rohr ist an seinem Eingang mit einem Drahtnetz zu versehen, damit keine festen Partikeln, wie Holzstückchen, Kohle u. s. w. in die Rohrleitung gelangen können. Schafft man den Teer mit Druckluft in die Verbrauchsräume, so ist noch eine Preßluftleitung *p* zum Reservoir nötig. Für die Zwecke der Kunstkohlenfabrikation sind eiserne Behälter den gemauerten vorzuziehen, da eine Verunreinigung durch unorganische Substanzen ausgeschlossen ist. Öfters erneuter Anstrich und entsprechende Aufstellung *a* schützen hinlänglich gegen das Rosten.

2. Sonstige Bindemittel.

Die früher in der Kunstkohlenfabrikation angewendeten Bindemittel: Zuckerlösungen, Sirup, Leim, Kleister, viskose Mineralöle (Pritchard) u. dergl., sind gegenwärtig nicht mehr in Anwendung.

[1]) Siehe darüber Lunge, Steinkohlenteer. 4. Aufl. I. 305 ff.
[2]) Siehe daselbst.

Die amerikanischen Fabriken haben bisher viel Teerpech als Bindemittel verarbeitet. Meine Erfahrungen haben ergeben, daß, abgesehen von den bereits erwähnten Übelständen beim Verkoken, wodurch die Kohlen porös werden und ein häßliches, fleckiges Aussehen erhalten, auch die Verarbeitung der Pech-Kohlenmischung auf den Rammen und Pressen infolge der großen Härte des Materials schwierig und nur unter steter Erwärmung durchführbar ist.

Originell ist die Verwendung des Furfurols (und Fucusols = Methylfurfurol) als Bindemittel nach Smith.[1]) Da das Verfahren meines Wissens keine weitere Verbreitung gewonnen hat, so sei es bloß der Vollständigkeit wegen mit ein paar Worten beschrieben. Lampenruß oder pulverisierte Kohle wird mit 60—70% Furfurol oder Fucusol angeknetet und gepreßt. Man verwendet diese Mischung speziell für Bogenlichtkohlen und gibt ihr daher Stangenform. Auch kann man bloß den Ruß zu Stangen pressen und nachher in die erwähnten Flüssigkeiten tauchen. Die so erhaltenen Stifte werden in Gefäßen aus paraffiniertem Holz oder Schiefer 12—24 Stunden der Einwirkung von Salzsäuregas ausgesetzt, wobei das Furfurol Zersetzung erfährt. Diese Prozedur kann nötigenfalls wiederholt werden. Etwaige Risse werden mit einem Teig von Ruß und Furfurol ausgefüllt. Schließlich werden die Kohlenstifte geglüht.

Ph. Holmes[2]) nimmt als Bindemittel trocknende Öle.

Erwähnt sei noch, daß Sh. Bidwell[3]) Schwefel als Bindemittel zur Herstellung von Mikrophonkohlen verwendet, und zwar ist das günstigste Verhältnis 20 Teile Schwefel auf 9 Teile Graphit. Die Kohlen werden gegossen (spezifischer Widerstand 9100 Ohm).

Eine beschränkte Anwendung findet auch Wasserglas als Bindemittel. Es dient zur Herstellung der Dochtmasse für die positiven Lichtkohlen, d. h. jener Kohlenmischung, welche in die zentralen Kanäle der erwähnten Kohlen eingepreßt wird. Die Einführung des Wasserglases in die uns beschäftigende Technik erfolgte durch die Gebr. Siemens. Das käufliche gallertartige Wasserglas wird in eisernen Duplikatkesseln in Wasser gelöst, wobei die Lösung durch Erwärmen unterstützt wird, sodaß das spezifische Gewicht der Flüssigkeit bei 20° etwa 28° Bé beträgt. Man pflegt Kaliwasserglas zu verwenden, da Natronwasserglas eine merkbare Gelbfärbung des Bogenlichtes verursacht. Es ist wichtig, möglichst

[1]) Dingl. polyt. Journ. 257, 338.
[2]) Ebenda 284, 264, siehe auch S. 107.
[3]) Elektrotechn. Zeitschr. 1883.

dickflüssige Wasserglaslösung zu verwenden, da sich sonst beim Trocknen der Mischung Hohlräume bilden, welche die Ruhe des Lichtbogens nachteilig beeinflussen. Zwei Handelssorten flüssigen Kaliwasserglases enthielten (nach Mitteilung der Firma Schiff & Co.):

	I.	II.
Lösungswasser . .	69,0 %	65,4 %
Konstitutionswasser	3,6 „	2,5 „
Kieselsäureanhydrid	20,0 „	22,2 „
Kaliumoxyd . . .	7,4 „	9,9 „

Zusatzmaterialien.

1. Braunstein

wird häufig Kohlenkörpern einverleibt, welche als Elektroden für Leclanché-Elemente dienen. Die Prüfung desselben erfolgt nach den gebräuchlichen Methoden. Er wird stets in gekörntem Zustande verwendet. Solche Kohlenkörper sollen nur gepreßt und nicht gebrannt werden, was aber doch häufig geschieht. Natürlich tritt dabei teilweise Reduktion des Braunsteins ein, wodurch die depolarisierende Wirkung solcher Kohlenkörper gering werden muß.

2. Borsäure und Borsäureanhydrid.

Diese Körper pflegt man in geringer Menge den Homogenkohlen für Bogenlicht zuzusetzen (0,2—0,5 %), wodurch die Lichtausstrahlung erhöht und die Dauer der Kohlen verlängert werden soll. Auch in den für Wechselstrom bestimmten Dochtkohlen mancher Firmen findet sich Borsäure. Die Anwendung derselben scheint von F. Carré[1]) eingeführt worden zu sein. Sonderbarerweise ist dieser schon seit langem bekannte Zusatz J. Hadden Douglas Willan und F. E. Welkins Bowen[2]) in London und C. Stiens[3]) patentiert worden.

3. Carborundum

hat Acheson als Dochtmaterial für Lichtkohlen vorgeschlagen[4]); es ist übrigens fraglich, ob dieser Vorschlag je zur Ausführung gekommen ist.

[1]) Chem. techn. Rep. 1876.
[2]) D. R. P. 85592.
[3]) D. R. P. 98210.
[4]) Elektrochemische Zeitschr. II. 1896.

4. Salze

als Imprägnierungsmittel sind schon seit langem in Betracht gezogen worden, entweder um die Leuchtkraft der Lichtkohle zu erhöhen, oder die Brenndauer zu verlängern, oder die Leitfähigkeit zu steigern. Außer dem bereits erwähnten Kaliwasserglas hat sich keines dieser Salze als Zusatzmittel bewährt. Die besten Lichtkohlen sind die reinsten. Eine große Anzahl von Versuchen, die der Verfasser mit einer beträchtlichen Anzahl von Salzen anstellte, ergab, daß bei geringer Menge der zugesetzten Salze, welche den bereits gebrannten Kohlen durch Kochen in den betreffenden Lösungen einverleibt wurden, fast keine Wirkung eintrat, während bei größeren Zusätzen die erzielten Vorteile durch die Unstetigkeit des Lichtes kompensiert wurden (es wurden Chloride, Fluoride, Silikate, Titanate, Wolframate, Molybdänate, Phosphate des Na, Ca, Mg und K versucht). Außerdem wittern die Salze häufig bei längerem Liegen aus.

Schon Carré[1]) hat derlei Versuche angestellt. Die Kohlen enthielten 3—8% der betreffenden Salze. Er fand, daß Alkalisalze die Länge des Lichtbogens fast verdoppeln, sein Geräusch vermindern und die Leuchtkraft im Verhältnis 1:1,25 erhöhen und daß Ca-, Sr- und Mg-salze die Leuchtkraft im Verhältnis 1:1,3—1,5 steigern. Ca, Sr u. s. w. färben das Licht, und die Firma J. Niewerth in Berlin hat derlei Kohlen zu Illuminationszwecken in den Handel gebracht. Die Anwendung farbiger Gläser dürfte für solche Zwecke den Vorzug der Einfachheit für sich haben. Auch Fe- und Sb-salze steigern nach Carré die Lichtintensität im Verhältnis 1:1,6—1,7.

Auch Gaudoin (1875) untersuchte die Wirkung verschiedener Salze auf den Lichtbogen: unter anderem verwendete er auch: phosphorsauren Kalk, Chlorcalcium, borsaure und phosphorsaure Magnesia, Tonerde, Tonerdesilikat, gefällte Kieselsäure.

Feußner[2]) hat ebenfalls Salze der Alkalien und alkalische Erden als Imprägnierungsmittel angewendet und ist zu entgegengesetzten Resultaten gelangt wie Carré.

Gleich erfolglos sind die verschiedenen Versuche, den Lichtkohlen durch Überzüge aus Salzen oder Salz-Kohlegemischen eine längere Brenndauer zu sichern, welche durch die heißen Luftströmungen in der Nähe des Lichtbogens sehr verkürzt wird. Aus-

[1] Chem. techn. Rep. 1876.
[2] Urbanitzky, Das elektrische Licht. Hartleben 1890.

gehend von der Beobachtung, daß mit Phosphaten getränkte Kohle schwer verbrennt, wandte man Phosphorsäure und deren Salze, gallertige Kieselsäure, Wasserglas[1]) u. s. w. als Überzugsmaterialien an. Die Société Lacombe imprägnierte die gebrannten Kohlen mit Sulfaten, Phosphaten, Chloriden, insbesondere mit Kochsalz und phosphorsaurem Ammon.[2]) Bemerkenswert ist, daß bei Dochtkohlen die Dochtmasse mit solchen Zusätzen versehen wird.

F. Krupp[3]) tränkt seine Lichtkohlen mit Wolframsäure oder deren Salzen, wodurch die Brenndauer um 17—28 % verlängert werden soll. C. Schroeder (London) tränkt die Kohlen zuerst mit verdünnter Chlorcalciumlösung, hierauf mit Kali- oder Wasserglaslösung, worauf sie getrocknet und in ein Bad von geschmolzenem Salpeter, chlorsaurem Kali oder einem andern Kalium- oder Natriumsalz getaucht werden. Das oberflächlich Anhaftende wird mit Asbest abgewischt und die Stelle, wo der Strom eintreten soll, von der äußeren Schichte befreit.[4])

A. Heil[5]) behandelt die Kohlen zuerst mit Ammoniak, tränkt dann mit Kalilauge und paraffiniert sie. H. Bremer (in Neheim a. d. Ruhr) mischt der Kohle gewisse Salze zu, um größere Lichtausbeute zu erzielen.[6]) Nach Härden[7]) sind als Vorteile solcher Kohlen zu bezeichnen: größere Lichtausbeute, wenn auch nicht in dem behaupteten Maße, ruhiges Anzünden und Weiterbrennen; als Nachteile: ein sehr großer Lichtbogen, daher große Empfindlichkeit gegen Luftzug (z. B. bei Sturmwetter), ferner ein von den Salzen herrührender unangenehmer Dampf, welcher auch die Metallteile der Lampe angreift, und eine sehr kurze Brenndauer (halb so lang wie bei gewöhnlichen Kohlen). Neuere Fabrikate sollen diese unangenehmen Eigenschaften aber in weit geringerem Grade zeigen Nach den Patentschriften[8]) enthalten Bremers Kohlen mindestens 5 % Fluor- oder Bromsalze des Calciums, Magnesiums und anderer Metalle, außerdem zur Beruhigung des Lichtbogens Natrium- oder Kaliumborat. Ein Überzug aus Wasserglas soll das Schmelzen und Abfallen der Schlacke erleichtern; statt des Wasserglases kann man auch andere Silikate, ferner Quarz, Kochsalz, Soda, Pottasche und

[1]) J. Roubal, Franz. Pat. 251603 vom Jahre 1895.
[2]) Dingl. polyt. Journ. 285, 39.
[3]) Dingl. polyt. Journ. 291, 240.
[4]) Chem. techn. Rep. 1889.
[5]) D. R. P. 98625 von 1897.
[6]) Elektrotechn. Zeitschr. 1900. S. 546.
[7]) Elektrotechn. Zeitschr. 1901. S. 322.
[8]) D. R. P. 118464 und 118867; ferner D. R. P. 133270.

Weinstein anwenden. Ein über den geneigt hängenden Kohlen angebrachter Trichter, der zugleich als Reflektor dient, soll die verdampfenden Mineralbestandteile auffangen.

Es sei bemerkt, daß an dieser Erfindung, welche mit großer Reklame propagiert wurde, weder die Imprägnierung noch die V-förmige Stellung der Kohlenstäbe etwas Neues ist.

Schließlich sei erwähnt, daß man zur Herstellung poröser Kohlenzylinder für Leclanché-Elemente der Mischung solche Körper hinzufügt, welche durch ihre Verflüchtigung oder durch ihre oxydierende Wirkung beim Glühprozeß Risse und Gruben in der Kohle hervorbringen. Man verwendet Ammonsalze, trockene Sägespäne, gröbere Stückchen stark sich aufblähender gasreicher Steinkohle, Schwefel, Salpeter u. s. w. Hellesen[1]) nimmt zu diesem Zwecke Infusorienerde.

[1]) Bull. internat. de l'électric. 1892. 142.

Zweiter Abschnitt.

Die Herstellung der Kohlenkörper.

4. Kapitel.

Die mechanische Bearbeitung der Kohle.

I. Zerkleinerung.

In diesem Abschnitt werden uns vorwiegend die rein mechanischen Prozeduren beschäftigen, welchen das Kohlenmaterial bei der Verarbeitung zu geformten Stücken unterworfen werden muß. Einige derselben sind bereits im vorigen Abschnitt angedeutet worden.

1. Zerkleinerungsmaschinen.

Was zunächst die Verkleinerungsvorrichtungen betrifft, so ergibt sich eine bedeutende Schwierigkeit in der durchschnittlich großen Härte der zu vermahlenden Materialien. Namentlich bieten der Retortengraphit und mehr noch der geglühte Anthracit einer weitgehenden Verkleinerung große Schwierigkeiten und verursachen eine starke Abnützung der Mahlmaschinen; dasselbe gilt in erhöhtem Maße für den Ausschuß der bereits gebrannten Kohlen, welcher wieder vermahlen und zur Herstellung neuer Kohlenmischungen mit verwendet wird. Die Härte solcher gebrannter Kohlen ist 4—6 (siehe 9. Kapitel). Petrolkoks, Schmiedekohle, mit Teer geglühter (karbonisierter) Ruß und dergl. lassen sich ohne Schwierigkeit vermahlen.

a) Maschinen zur gröblichen Zerkleinerung.

1. Steinbrecher (Fig. 15). Zur vorläufigen Verkleinerung solcher Rohmaterialien, welche in großen Stücken in die Fabrik

kommen, sind Steinbrecher mit Vorteil angewendet worden. *A* stellt den mit dem Gestelle *G* fest verbundenen Brechbacken dar, während der andere *B* um die Achse *C* schwingen kann und durch den Kniehebel *abc* in Bewegung gesetzt wird. Derselbe stützt sich mittels *c* auf das Stützlager *d* und bei *b* auf eine exzentrisch befestigte Stange, so daß bei jeder Umdrehung des Schwungrades

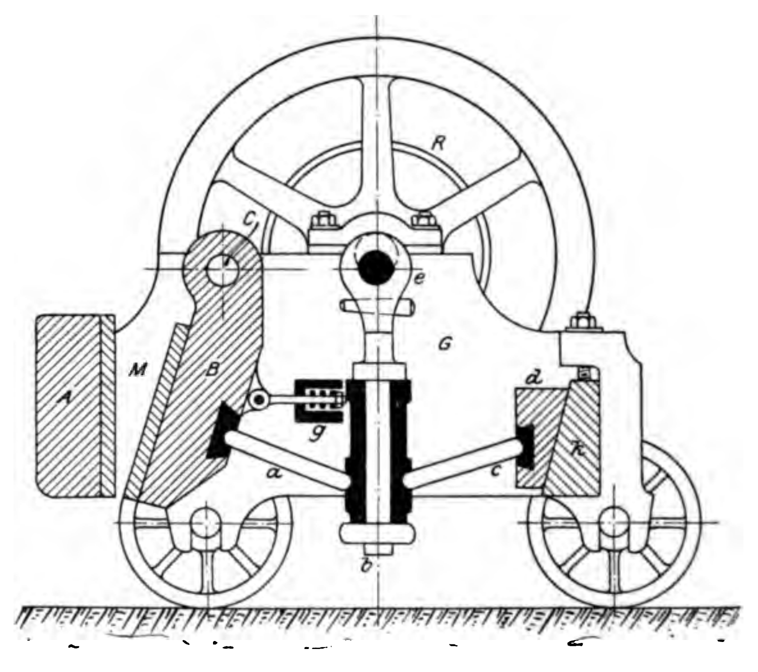


Fig. 15. (1 : 18)

der Backen *B* nach links bewegt wird und das im Brechmaul befindliche Material zerquetscht. Die Rückwärtsbewegung des Backens erfolgt durch ein Gummipuffer *g*. Während derselben fällt ein Teil des Materials unten beim Brechmaul heraus und frisches Material sinkt nach. Mit Hilfe des Keiles *k* läßt sich das Lager *d* verschieben, so daß man auf eine verschiedene Maulweite einstellen kann. Ebenso läßt sich durch Verstellen des Kopfes *b* eine Regulierung der Backenschwingung erzielen. Der Antrieb erfolgt durch die Scheibe *R*. Der Steinbrecher eignet sich besonders für Anthracit und Steinkohle, sowie gebrannten Ruß.

2. Für minder große Stücke dient mit Vorteil ein Stampfwerk zur Verkleinerung. Die Figur 16 gibt ein solches von J. C. Braun (Nürnberg) wieder.

Die drei Pochstempel *p*, deren Pochschuhe *s* gerieft sind, und deren Heblinge *h* entsprechend der Abnützung der Pochschuhe verstellt werden können, werden durch unrunde Scheibensegmente *r* gehoben. Die letzteren sind so gestellt, daß die Stempel abwechselnd niederfallen. Der Antrieb erfolgt mit Hilfe der Scheiben *mm*. *a* ist der Ausrücker für den Riemen. Als Unterlage für die Pochstempel dient die Pochsohle *l*, welche aus einem Stahlplattenrost *n* besteht. Durch die Zwischenräume desselben fallen die Partikel des zerkleinerten Materiales. Durch Beilagen zwischen den Rostplatten kann das Produkt nach Bedarf gröber oder feiner erzielt werden. Das Eintragen des zu verkleinernden Produktes erfolgt von oben in den Pochtrog *t*, welcher während der Arbeit mit einem entsprechenden Deckel verschlossen wird. In der Regel besitzt das hindurchgehende Produkt die Korngröße eines groben Sandes.

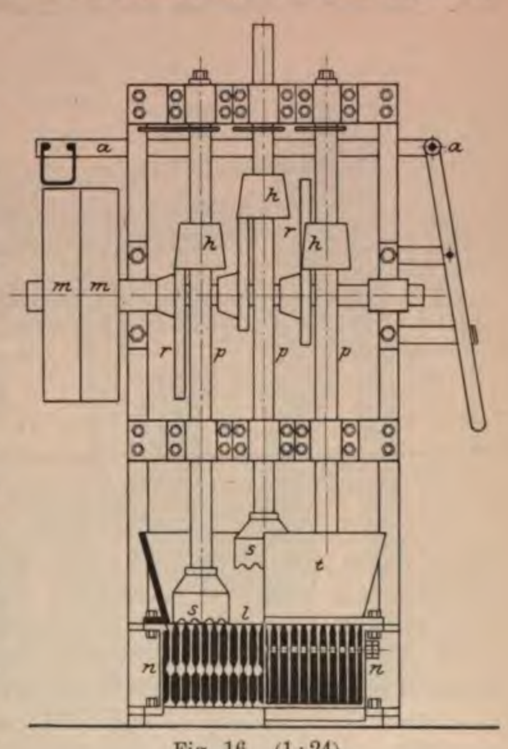


Fig. 16. (1 : 24)

3. Speziell für die Zwecke der Kunstkohlenfabrikation hat J. C. Braun eine Brechmaschine gebaut, welche in der Figur 17 dargestellt ist und eine weitergehende Zerkleinerung des Retortengraphits ermöglichen soll, wobei Zermahlung und Grusbildung nach Möglichkeit vermieden werden sollen. Die Maschine besteht aus zwei Walzen *w*[1]), auf welche Hartgußscheiben aufgezogen sind, welche

[1]) In der Figur ist nur die eine Walze sichtbar.

an ihrem Umfang teils Spitzen *s*, teils Schneiden *t* besitzen. Dieselben sind paarweise so angeordnet, daß die Spitzen der einen Walze den Schneiden der anderen gegenüberstehen. Durch Verschieben einer Walze kann der Brechspalt zwischen jedem Paar Hartgußscheiben je nach der verlangten Korngröße verändert werden. Die Hartgußscheiben sind leicht auswechselbar. Der Antrieb

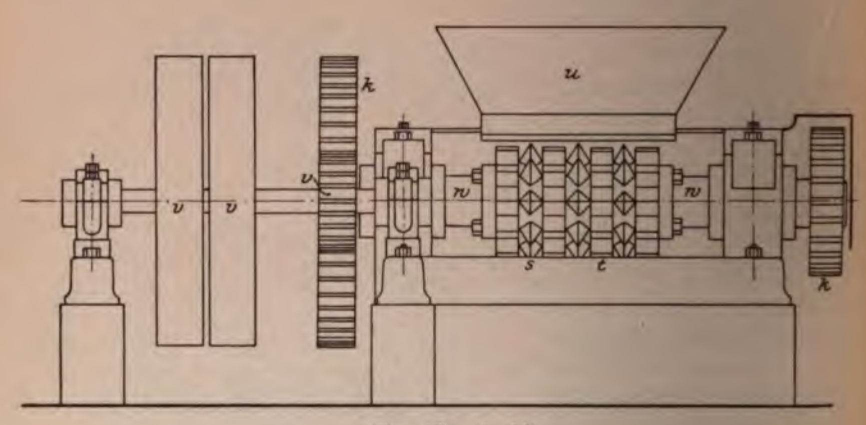


Fig. 17. (1 : 20)

erfolgt durch mit einer Haube geschützte Kuppelräder *k* und ein Vorgelege mit Fest- und Leerscheibe *v*. Das Material wird durch einen Trichter *u* eingefüllt und fällt in ein tiefer stehendes Sammelgefäß. Ähnliche Walzenmühlen mit gezahnten oder Stachelwalzen (sogen. Koksbrecher) baut auch die Marchegger Maschinenfabrik.

Nach Jehl erfolgt in Nordamerika die gröbliche Verkleinerung des Petrolkokses in Mühlen, welche in der Konstruktion Kaffeemühlen ähnlich sind (konische Mühlen). Derartige Maschinen werden auch bei uns gebaut (z. B. die Glockenmühlen der Marchegger Maschinenfabrik; die größten derselben liefern pro Stunde 12 500 kg gemahlenes Material bei einem Kraftverbrauch von 10 PS).

Nach dem Verschroten wird das Produkt auf einem mäßig feinen Drahtsieb gesichtet, das gröbere Material wird auf Kollergängen, Kugel- oder Rohrmühlen weiter verarbeitet, das feinere am besten in Walzenstühlen fertig gemahlen.

b) Kollergänge

bieten den Vorteil, daß wenig Eisen in die Kohle gelangt. Doch ist ihre Leistungsfähigkeit mit Rücksicht auf die erzielte Korngröße

nd den bedeutenden Kraftverbrauch keine besondere; zu feiner Iahlung sind sie überhaupt nicht geeignet, sie liefern ein Produkt on griesartiger Feinheit. Die zum Mahlen verwendeten Koller erden von den Nürnberger Fabriken etwas kleiner gebaut als ie zum Kneten der Kohlenmasse bestimmten. Das Gewicht eines

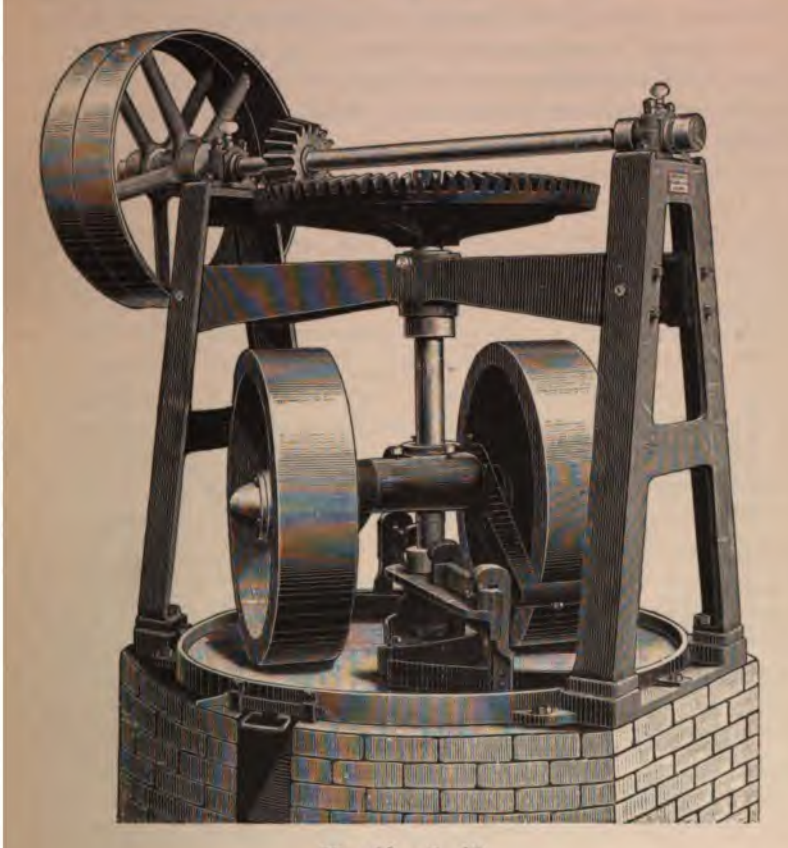


Fig. 18. (1 : 30)

äufers beträgt 900—950 kg, der Durchmesser 1260—1600 mm, er Kraftverbrauch circa 5 Pferdestärken.

Fig. 18 stellt einen solchen Kollergang der Firma J. C. Braun dar. ie beiden Läufer wirken quetschend und reibend auf das Material, elches sich auf dem Teller befindet. Die vertikale Hauptwelle, elche von oben angetrieben wird, trägt in lösbarer Verbindung einen

Doppelarm, auf welchen die Lagerbüchsen der beiden Läufer aufgeschoben sind. Die Verbindung ist derartig, daß die Läufer sich heben können, wenn ein größeres Stück des Mahlgutes unter sie gelangt. Zwei mit der Achse sich drehende Streichbretter führen das Material immer wieder unter die Mahlscheiben. Zum Entfernen des Mahlgutes dient eine mit Schieber verschließbare Öffnung, durch welche das Material bei Bewegung des Kollerganges mit Hilfe der Streichschiene hinausgeschoben wird. In mancher Hinsicht bequemer sind Kollergänge mit Antrieb von unten. Die Marchegger Maschinenfabrik baut Kollergänge, welche direkt mit einem Sichtzylinder verbunden sind.

c) Apparate zur Feinmahlung.

1. Kugelmühlen. a) Gewöhnliche Konstruktion; solche bauen J. C. Braun und F. Pemsel speziell für die Mahlung der Retortengraphite (s. Fig. 19).

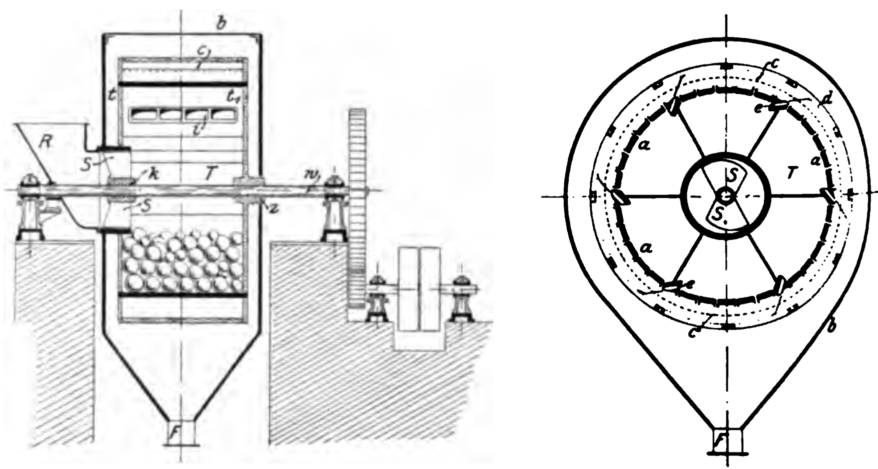


Fig. 19. (1 : 40)

Eine starke Welle wägt die auf der Innenseite mit Hartguß- oder Stahlplatten ausgefütterte Mahltrommel *T*, welche mittels der Naben *k* und *z* aufgekeilt ist und deren Mantelfläche *a* ebenfalls aus Stahlplatten zusammengesetzt ist. Die letzteren sind gelocht und von dem groben Siebe *c* sowie dem feinen Siebe *d* umgeben. Um die ganze Mahltrommel ist das Gehäuse *b* gestülpt, welches nach unten in den Auslauftrichter *F* zusammengezogen ist. Der

ntrieb erfolgt durch ein Zahnrad mit Vorgelege. Das Material on Nuß- bis Faustgröße) wird durch den Trichter *R* eingeworfen ıd durch die schraubenförmigen Speichen *S* in das Innere der rommel befördert, wo es durch ein größeres Quantum Stahlkugeln rkleinert wird. Das Mahlgut fällt durch die Löcher von *a* auf s gröbere Sieb *c* (aus gelochtem Stahlblech), von hier gelangt s feinere Produkt zum Siebe *d*; das fertige Mehl fällt auch durch eses und kommt zum Austragtrichter *F*, während die gröberen iteile durch die Kanäle *e* ins Innere der Mühle zurückgelangen d weiter verkleinert werden. Durch den verschließbaren Spalt *i* ßt sich die Trommel *T* von Resten des Materials entleeren, welche h der Verkleinerung entziehen. Die Kugelmühlen arbeiten kon- uierlich.

Da die Abnutzung des inneren Panzers und der Stahlkugeln ne sehr bedeutende ist, so wird das Mahlgut stark mit Eisen- ılver verunreinigt, auch ist die Leistungsfähigkeit gering und die erstellung feiner Mehle schwierig. Am besten eignen sie sich für öbere Mahlung, wie sie für größere Kohlenkörper (Ofenfutter, lektroden u. dgl.) benutzt wird. Das gewonnene Produkt muß, lls es sich nicht um ganz ordinäre Ware handelt, von Eisenstaub efreit werden (s. unten). J. C. Braun baut die Kugelmühlen für ohlenfabrikation in sechs Modellen. Der Kraftbedarf ist erheblich $1\frac{1}{2}$—23 PS. Durchmesser 1050—2260 mm. Kugelgewicht 150 bis 350 kg)

b) In neuerer Zeit werden Rohrmühlen für die Zwecke der ohlenfabrikation häufig angewendet. Die Mühlen sind mit stetiger in- und Austragung *e* und *a* eingerichtet (s. Fig. 20). Der An- ieb erfolgt mit Hilfe eines am Umfang des zylindrischen Mühlen- örpers *m* angebrachten Zahnkranzes, in welchen ein Vorgelege *v* ngreift. Der Mahlzylinder hat zwei Mannlöcher *ll* und ist an dem nen Ende mit Schlitzen *s* versehen, durch welche das fertige odukt in den Austragtrichter *a* fällt. Die Mühlen haben bis 7,5 m inge bei 1,5 m Durchmesser. Das Mahlprodukt ist sehr fein, der raftbedarf jedoch sehr beträchtlich. Als Füllung dienen möglichst nde Feuersteine. Schwierigkeiten für das Mahlen der Kohle etet die Ausfütterung. Man hat dazu passend geformte Kohlen- atten verwendet, doch soll sich die Bekleidung mit weichem Holz Stirnfläche) noch besser eignen. Jedenfalls ist zu berücksichtigen, aß das von den Mahlsteinen sich abreibende Pulver auf mecha- ischem Wege nicht aus dem Mahlgut beseitigt werden kann, wes- alb vielleicht Kugeln aus sehr harter Kohle angewendet werden önnen.

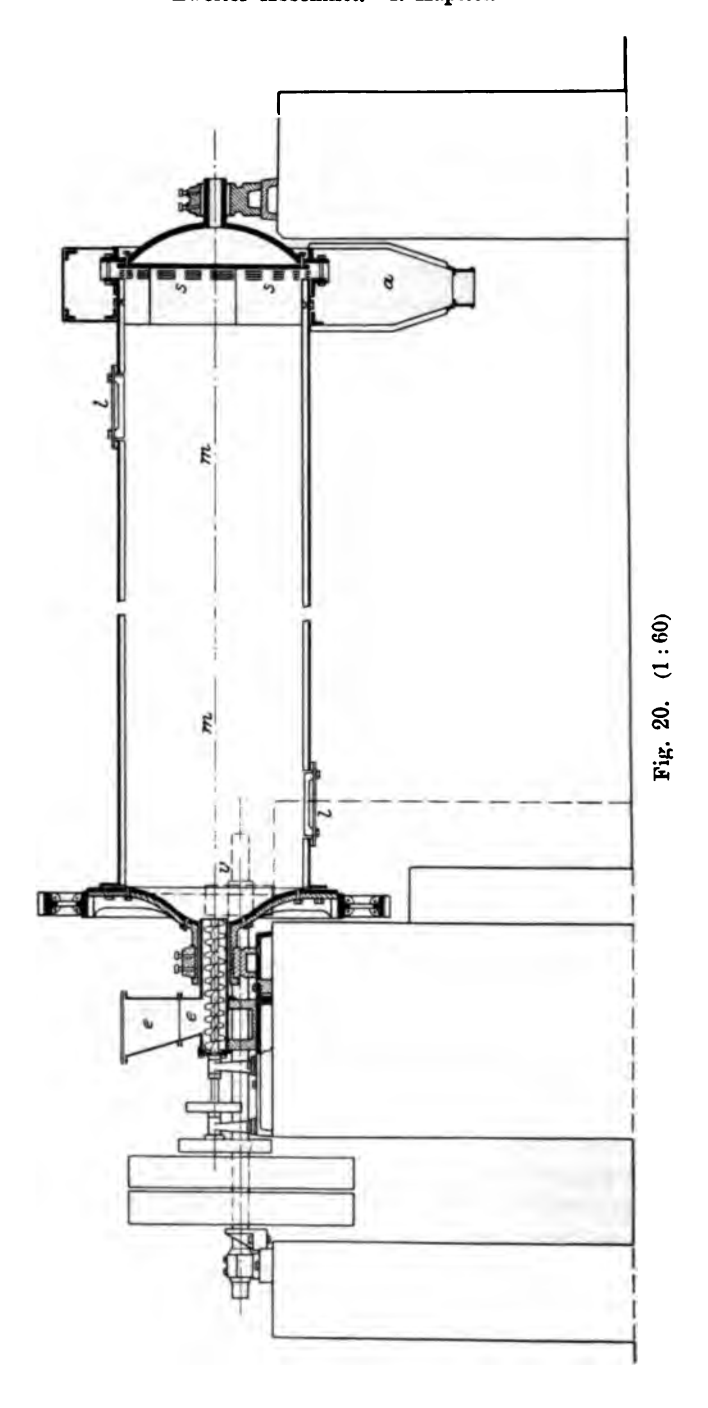


Fig. 20. (1 : 60)

c) Kugelmühle von Hanctin.[1]) Dieselbe wurde zur Verkleinerung der Steinkohle für Gießereizwecke verwendet und eignet sich auch für die Kunstkohlenfabrikation.

Mit einer Achse *a* (80 Touren in 1 Minute) ist ein mit Löchern versehener Zylinder *c* verbunden, in welchem Kugeln ihren Sitz finden, so zwar, daß sie zwischen *c* und dem Mantel *m* 10 bis 12 mm Spielraum haben. Bei der angegebenen Tourenzahl legen sich die Kugeln infolge der Fliehkraft an die Wand und wirken daher nur rollend auf das Material. Da die Kugelstellung nach einer schwach ansteigenden Schraubenlinie durchgeführt ist, so ist der Angriff sehr gut verteilt und bewirkt auch einen allmählichen Vorschub des Materials von der Gasse *g* nach dem Auslauf *a*. Eine Mühle von 370 mm Durchmesser und 1600 mm Länge verbraucht ca. zwei Pferdekräfte bei obiger Tourenzahl und liefert pro Stunde etwa 70 kg Kohle in feinpulveriger Form. Bei der Merkurmühle der Marchegger Maschinenfabrik werden Kugeln in einem runden Stahlgehäuse durch ein Armkreuz rasch herumgeführt, so daß deren Zentrifugalkraft beim Mahlprozeß zur Geltung kommt.

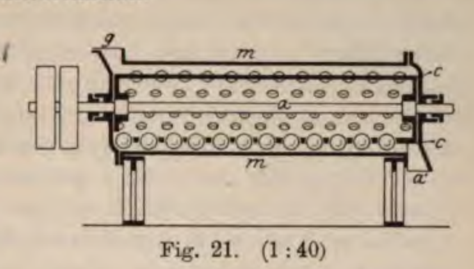


Fig. 21. (1 : 40)

Im Äußeren den Kugelmühlen ähnlich, aber auf dem Prinzip der Desintegratoren beruhend, ist C. Geißlers Gloriamühle, welche auch als Mischmaschine Verwendung finden kann.

2. Walzenstühle. Dieselben haben sich in der Kunstkohlenfabrikation ziemlich gut bewährt. Pemsel und Braun bauen dieselben mit einem oder mit zwei Walzenpaaren. Im letzteren Falle ist das obere Paar meist geriffelt, das untere glatt. Glatte Walzen werden häufig aus Hartguß hergestellt; kannelierte Walzen nutzen sich bei der Mahlung harter Kohlensorten rasch ab und müssen öfters frisch geriffelt werden, auch kommt mehr Eisenstaub durch dieselben in das Mahlgut. Der Kraftbedarf ist gering (1—4 PS.). J. C. Braun baut die Walzenstühle für Kunstkohlenfabrikation in drei Größen, mit je 1 oder 2 Walzenpaaren (Walzendurchmesser 230 mm, Länge 3—500 mm, Leistung pro Stunde bei Aufgabe von 1,5 mm großen Körnern 60—200 kg). Das erhaltene Produkt ist fein und die Menge des durch Abnutzung der Maschine ins Mahlgut kommenden Eisens verhältnismäßig gering.

[1]) Karmarsch-Heerens techn. Wörterbuch. 3. Aufl. Bd. VII. S. 89.

3. Von sonstigen Mahlvorrichtungen sind noch Desintegratoren, Fliehkraftwalzenmühlen (Patent Hofmann, Breslau) und Schlagkreuzmühlen (Desaggregatoren, J. C. Braun) für das Mahlen der Kohle in Verwendung gekommen. Diese Apparate liefern zwar bei großer Leistungsfähigkeit ein sehr feines Mahlprodukt, allein die Abnutzung der die Verkleinerung der Kohle bewirkenden Maschinenteile und daher auch die Verunreinigung des Mahlgutes mit Eisenpartikeln ist sehr groß, und da die magnetische Entfernung des Eisens aus feingepulverten Materialien nicht ohne große Verluste möglich ist, so ist die Anwendung derartiger Maschinen entschieden nicht zu empfehlen, abgesehen von den fortwährenden Betriebsstörungen und Reparaturkosten, welche solche Apparate bei dauerndem Betrieb in stets wachsendem Maße verursachen. Über die Verwendbarkeit der Scheibenmühlen, bei welchen die Zerkleinerung durch mit Zähnen besetzte rasch rotierende Stahlscheiben erfolgt (Excelsior- und Perplexmühlen der Marchegger Maschinenfabrik) liegen noch keine Erfahrungen vor.

Eine Mühleneinrichtung für Kunstkohlenfabrikation wird zweckmäßig in folgender Weise zusammengestellt:

1. Steinbrecher, Stampfwerk oder Braunsche Brechmaschine.
2. Koller und Kugelmühle (letztere für Elektroden u. dgl.).
3. Walzenstühle (eventuell Rohrmühle).

2. Sichtung des Mahlgutes.

Die übrigen Apparate, wie Elevatoren, Sichtzylinder u. dgl., sind die in der Müllerei sonst üblichen. Als Siebmaterial ist Phosphorbronze zu empfehlen. Seidengaze verwendet man zur Herstellung ganz feiner Mehle für Licht- und Mikrophonkohlenerzeugung. Erwähnt sei nur noch ein Sichtzylinder von F. Jehl, speziell für Kohlenpulver, welcher dem Apparate zur Reinigung des Rußes nachgebildet ist, welchen A. Zemsch konstruiert hat (s. auch Ruß, Fig. 12). Diese Vorrichtung (Fig. 22) besteht aus einem hölzernen oder eisernen Gehäuse mit Fülltrichter *t*, in welchem sich eine Transportschnecke *s* dreht, deren Antrieb von *a* aus erfolgt. Dieselbe ist aus Schmiedeeisen und sitzt auf einem hölzernen Futter *f*, welches auf der eisernen Antriebswelle *r* befestigt ist. Auf der Unterseite und bis zur halben Höhe der Trommel sind bei *dd* Siebe aufgezogen. Das erste bei *d* hat 8100 Maschen auf den englischen Quadratzoll, das zweite 225—400 Maschen, der Raum bei *e* ist offen. Unterhalb der Siebe und der Öffnung *e* hat das Gehäuse drei Ansätze, an welche die Kästen $k_1 k_2 k_3$ möglichst dicht an-

schließen. Nach k_3 fällt das feinste, nach k_2 das gröbere Material, nach k_1 der Rückstand. Die Peripherie der Schraube ist mit einer Bürste versehen, welche dazu dienen soll, die Maschengewebe vor Verstopfung zu bewahren (in der Figur nicht gezeichnet).

Die Korngröße des zur weiteren Verarbeitung gelangenden Materials ist verschieden. Im allgemeinen ist es nicht notwendig, ja nachteilig, ein sehr fein gepulvertes Material zu verwenden, weil die Menge des zur Bindung des Kohlenpulvers nötigen Teeres mit der Feinheit des Mehles wächst. So ist es bekannt, daß der äußerst fein verteilte Ruß verhältnismäßig sehr viel Bindematerial braucht, damit eine plastische Masse daraus entsteht. Große Mengen

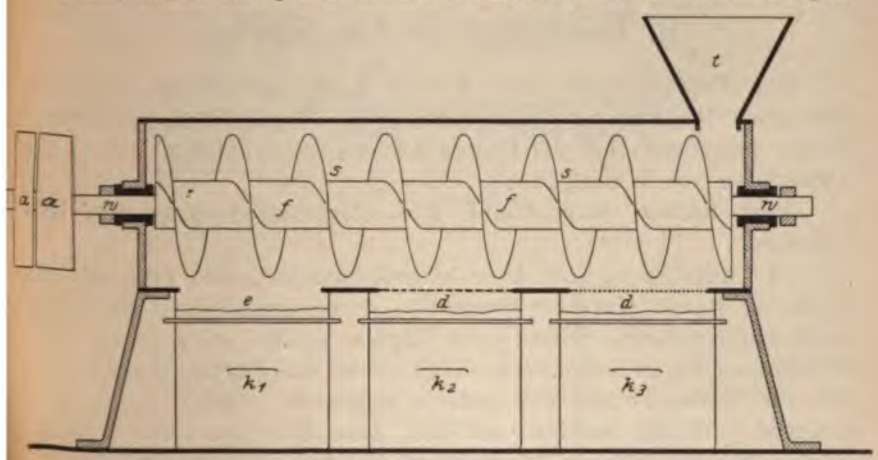


Fig. 22. (1 : 20)

Teers in der Mischung haben aber viele Nachteile im Gefolge (s. unten). Anderseits darf aber die Körnung nicht zu grob sein. Namentlich hat sich der Nachteil zu groben Kornes bei Elektroden für wäßrige Elektrolyse gezeigt, da bei der stets erfolgenden Korrosion der Kohlen in den elektrolytischen Bädern die groben Partikeln im ganzen herausfallen und dadurch Hohlräume entstehen, welche die Zerstörung der Kohle begünstigen.

Für die Herstellung von Lichtkohlen aus Retortenkohle, gebranntem Ruß und Petrolkoks wendet man Siebe von 169 bis 225 Maschen pro Quadratcentimeter an.

Material für große Elektroden, Ziegel, Ofenfutter kann weit gröber im Korn sein. Man benutzt Siebe von 49—100 Maschen pro Quadratcentimeter, manchesmal noch gröbere.

Eine sehr feine Mahlung erfordern diejenigen Materialien, welche zur Herstellung von Schleifkontakten und Mikrophonkohlen dienen

sollen, sowie besonders jene, welche einem chemischen Reinigungsprozeß unterworfen werden müssen. Im letzteren Falle ist der Erfolg in hohem Grade von der Feinheit des Kohlenmehles abhängig. Zu solchen Zwecken wird man die Anwendung der Seidengaze beim Sieben nicht umgehen können (225—500 Maschen pro Quadratcentimeter; bei Kohlenpulver für Mikrophonkohlen bis zu 2000 Maschen pro Quadratcentimeter).

Gewöhnlich wird eine zweimalige Sichtung des Mahlgutes nötig sein, das erste Mal nach dem Vorschroten (s. oben), das zweite Mal nach dem Feinmahlen.

II. Beseitigung des Eisenstaubes.

Bei allem Mahlgut, welches nicht mehlartig fein ist, empfiehlt sich nach der Mahlung die Entfernung des Eisens auf magnetischem Wege; namentlich bei der Erzeugung von Lichtkohlen ist dies unter Umständen von Wichtigkeit.

Man benutzt magnetische und elektromagnetische Scheideapparate.

Die ältesten in der hier betrachteten Industrie verwendeten Apparate waren einfache Trommeln, deren Inneres mit möglichst stark magnetisierten Stiften oder Nägeln besetzt war; durch eine Füllöffnung wurde das Material eingebracht, das Füllloch geschlossen und die Trommel einige Zeit rotieren gelassen. Hierauf wurde das Material entfernt, während an den Eisenstiften das Eisen zurückblieb. Die Beseitigung des letzteren ist eine zeitraubende Arbeit, außerdem gestatten solche Apparate keinen kontinuierlichen Betrieb.

Gegenwärtig verwendet man kontinuierlich arbeitende Apparate. Als Beispiel führe ich die von H. Keßler[1]) (Oberlahnstein a/Rhein) gebauten magnetischen und elektromagnetischen Scheidemaschinen an. Das Prinzip der ersteren besteht darin (Fig. 23a), daß permanente in einen Riemen *r* eingesetzte Magnete *m* in größerer Anzahl das Kohlenmaterial durchstreifen; das Kohlenpulver wird hierbei mitgenommen, fällt durch einen Ausschnitt *a* in ein passendes Vorratsgefäß, während die Eisenteilchen mit den Magneten sich weiterbewegen; die Trennung des Eisens von den Magneten erfolgt bei permanenten Magneten durch eine rotierende Bürste *b*, während bei Elektromagneten das Abfallen der Eisenpartikelchen dadurch erfolgt, daß die Magnete in einiger Entfernung von der sie magnetisierenden Trommel ihren Magnetismus verlieren und die Eisen-

[1]) D. R. P. 36599 und 33587.

teilchen fallen lassen. Figur 23 b stellt eine elektromagnetische Scheidemaschine dar; *c* ist der Aufgabekasten, *d* eine Lieferwalze, *e* die elektromagnetische Trommel, über welche ein breiter Lederriemen *r* läuft, in welchem die aus Schmiedeeisen hergestellten Magnetstäbe sitzen, oder eine mit Stiften versehene breite Kette;

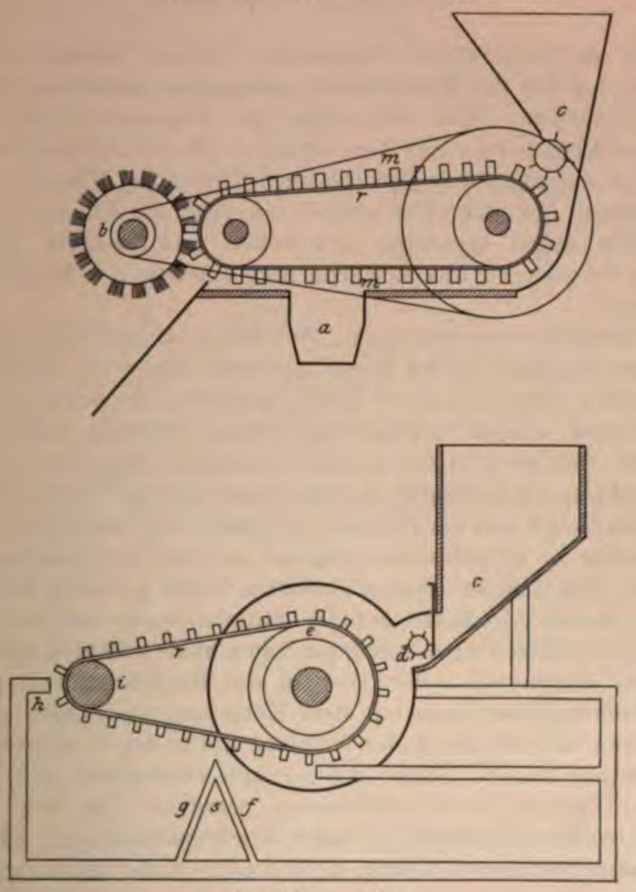


Fig. 23a und b.

bei *f* fällt das enteisente Material in das Vorratsgefäß, während jenseits der Scheidewand *s* die Eisenteilchen von den nunmehr unmagnetischen Stiften bei *g* abfallen. Es empfiehlt sich, bei *h* noch eine Bürste anzubringen. Die Rolle *i* besteht aus Holz.

Wie schon erwähnt, lassen sich staubförmige Materialien nur schwierig und selbst bei öfterer Wiederholung der Prozedur nicht

vollständig von Eisen befreien, während anderseits erhebliche Mengen Kohle mit dem Eisenstaub weiterwandern. Bei körnigem Material ist die Enteisenung eine gute.

III. Der Mischprozefs.

Die so vorbereiteten Materialien können nunmehr zur Herstellung der für den Preßvorgang geeigneten plastischen Masse verwendet werden. Man verwendet im allgemeinen ein Gemisch mehrerer Kohlenarten zur Herstellung der Kohlenkörper, das Bindemittel ist ausschließlich Teer (s. auch Teerruß). Über die Mengenverhältnisse der den Mischungen einverleibten Substanzen werde ich weiter unten sprechen, hier sollen uns zunächst die mechanischen Prozeduren des Mischens und Knetens der Materialien beschäftigen.

a) Mischvorrichtungen. Was zunächst den Teer betrifft, so wird derselbe aus dem mit Dampf geheizten Reservoir mit Hilfe einer Pumpe oder durch Druckluft in ein kleineres, am besten aus Kupfer hergestelltes, doppelwandiges, mit Dampf geheiztes Gefäß (Fig. 24) geschafft, welches man zweckmäßig in einiger Höhe über dem Boden des Mischraumes anbringt. In demselben wird der Teer mit Hilfe des Dampfmantels *d* und der Spirale *s* auf 100—120° erhitzt, bei welcher Temperatur er dünnflüssig genug ist, um mit ihm manipulieren zu können. Von dem mit Dampf geheizten Gefäß geht eine Röhre *r* aus, welche zu dem Ablaßhahn *h* führt, mittels dessen man den Teer in blecherne Gefäße von bestimmtem Rauminhalt ablaufen lassen kann.

Aus diesen wird der Teer in die Mischmaschinen gegossen. Zur Mischung des Teers mit dem Kohlenpulver wendet man Knetmaschinen an, wie sie in der Bäckerei und in der Tonwarenindustrie Verwendung finden. Einige in der Praxis verwendete und bewährte Apparate mögen kurz beschrieben werden. Die von Werner & Pfleiderer (Cannstatt) gebaute Mischmaschine (Fig. 25) besteht aus einem blechernen Kasten *A*, in welchem die Mischung dadurch erfolgt, daß zwei in entgegengesetztem Sinne sich drehende, mit aus einem Stück gefertigten Schraubenflügeln versehene hohle Wellen *ww* das Material zwischen sich durchpressen. Die eine Welle dreht sich doppelt so schnell wie die andere; die Drehrichtung der Rührwellen wird von Zeit zu Zeit umgekehrt. Zu diesem Zwecke sitzen auf der Welle *a* zwei lose Scheiben *s*, *g*, von welchen eine einen offenen, die zweite einen gekreuzten Riemen trägt. Eine dritte Scheibe *k* wird mittels des Handrades *h* an die

e oder andere der beiden Scheiben s, g angepreßt und dadurch Drehung in einem oder andern Sinne den Mischflügeln durch Zahnräder 1, 2, 3 und 4 mitgeteilt. Sowohl die hohlen Wellen w auch der Mantelraum m können durch die Dampfleitung d ttels der Rohre n und i geheizt werden. Nach beendeter Mischung

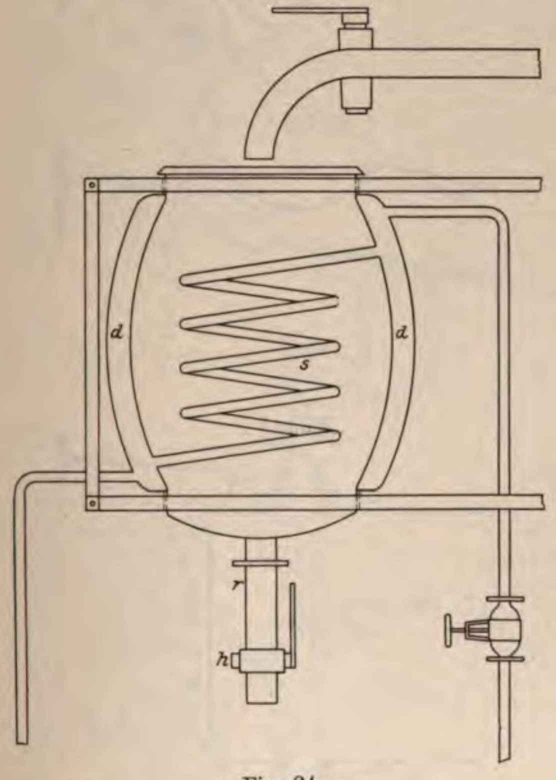


Fig. 24.

nn der Mischtrog um die Welle w_1 gedreht werden, um die schung zu entleeren. Zu diesem Zwecke wird die für gewöhnh durch die Feder v offen gehaltene Reibungskuppelung r mittels Fußtrittes T eingeschaltet, wodurch das Rad z und die Schraube S Umdrehung versetzt werden. Die Mutter u dieser Schraube hebt 1 den Trog A empor, wobei die Schraube eine pendelnde Begung um den Drehpunkt von z ausführt. Die Rührwellen setzen bei ihre Drehung fort.

Der Apparat (Fig. 26) von Warchalowski besteht aus er um den Zapfen a rotierenden Schale aus Eisenblech, deren

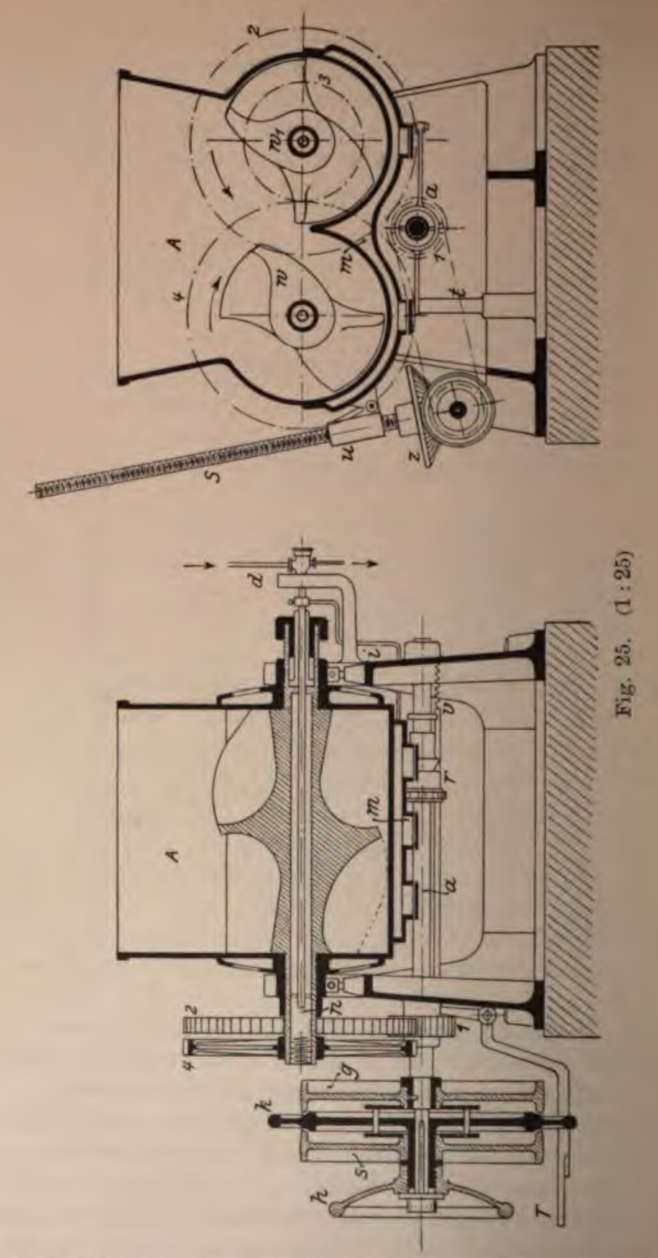


Fig. 25. (1:25)

Boden *b* gewölbt ist. Am äußeren Umfange trägt dieselbe einen Zahnkranz *z*, der in das Getriebe *c*, *d*, *h*, *i* eingreift, wodurch die

…el in langsame Rotation versetzt werden kann. Durch das …kenrad *e*, welches durch die in den Lagern *l* sich drehende

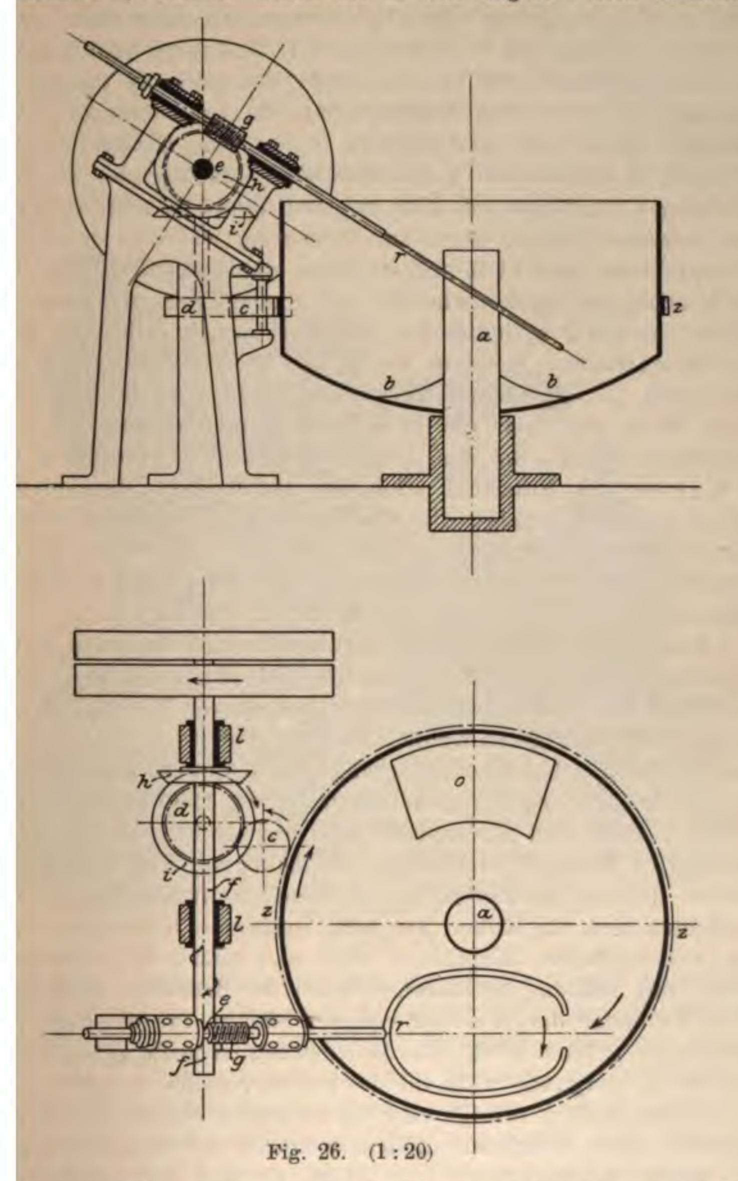


Fig. 26. (1 : 20)

f angetrieben wird, sowie durch die Schnecke *g* wird die …gestellte Rührgabel *r* in Bewegung gesetzt, welche die Mischung

besorgt. Das bearbeitete Material wird durch die verschließbare Öffnung *o* entfernt und in fahrbaren Blechkasten zu den eine gründliche Durchknetung der Mischung besorgenden Apparaten befördert. Erwähnt sei noch, daß F. Pemsel und J. C. Braun auch sogenannte Trockenmischmaschinen bauen, welche dazu dienen, die Kohle mit Zusätzen wie Borsäure, Salzen u. dgl. im trockenen Zustande zu mischen. Dieselben bestehen aus einem mit Deckel versehenen Gehäuse, in welches von unten eine Welle hineinreicht, welche zwei Mischflügel trägt und mit Hilfe zweier Kugelräder angetrieben wird. Eine seitliche Öffnung dient zur Entleerung während des Betriebes. Die Maschinen sind klein und erfordern wenig Betriebskraft ($^1/_2$ PS.). Die Marchegger Maschinenfabrik liefert eine Trockenmischmaschine, welche aus einer zylindrischen Trommel besteht, die sich um eine zur Zylinderachse geneigte Welle dreht. Trockenmischmaschinen sind nicht in allgemeiner Verwendung, da man in den gewöhnlichen Mischmaschinen die Trockenmischung vor Zusatz des Teers vornehmen kann. Bei den Trogmischmaschinen, wie sie z. B. von C. Wurster in Bitterfeld oder der Marchegger Maschinenfabrik gebaut werden, erfolgt die Mischarbeit in einem eisernen Trog mittels messerartiger Teile, welche auf einer drehbaren Welle angeordnet sind und infolge ihrer Stellung zu einander gleichzeitig knetend und schiebend auf das Mischgut wirken.

Nach der Mischung erfolgt die Durchknetung des Materials, welches dadurch eine gleichmäßige und plastische Beschaffenheit erhalten soll. Diese Prozedur ist von besonderer Wichtigkeit bei der Herstellung einer guten Kohle. Man verwendet hauptsächlich Koller und Kalander. Die Knetkollergänge werden etwas schwerer gebaut als die Mahlkollergänge (Läufergewicht ca. 1200 kg, Betriebskraft 7 PS.). Läufer und Bodenplatte sind abgedreht. F. Pemsel baut behufs gleichmäßiger Bearbeitung die Koller so, daß die Läufer ungleiche Bahnen beschreiben. Namentlich für größere Betriebe empfehlen sich die Koller als sehr geeignete Knetapparate. Von Knetwalzenstühlen (Kalandern) hat man solche mit massiven und solche mit hohlen, heizbaren Walzen in Betrieb. Fig. 27 stellt einen Kalander dar, welcher von J. C. Braun für die Kunstkohlenfabrikation gebaut wird. Die Bearbeitung ist noch gründlicher wie auf dem Kollergang; während des Durchpressens der Masse durch die heißen Walzen erfolgt eine Verdampfung von noch vorhandenen leichtflüchtigen Teerbestandteilen, wodurch die Masse fester wird, was meist wünschenswert ist. Siemens und Hardtmuth hatten noch eine weitere Bearbeitung des Materials für Lichtkohlen in Gebrauch, indem sie dasselbe in die später zu erwähnende Vertikal-

presse füllten und sodann durch eine gelochte Platte preßten, deren Löcher von unten nach oben zu etwas konisch zulaufen. Die Mischung quillt in Form einer Menge wurmförmiger Gebilde aus der Presse. Diese Art der Knetung ist sehr gründlich, aber umständlich und teuer.

Nach der Knetung repräsentiert sich die Kohlenmischung als eine schuppig-blättrige, völlig homogene Masse, deren Stücke und Schollen im kalten Zustande so trocken sein müssen, daß sie sich brechen lassen. Zu weiche Mischungen werden durch Kohlezusatz während des Knetprozesses entsprechend korrigiert.

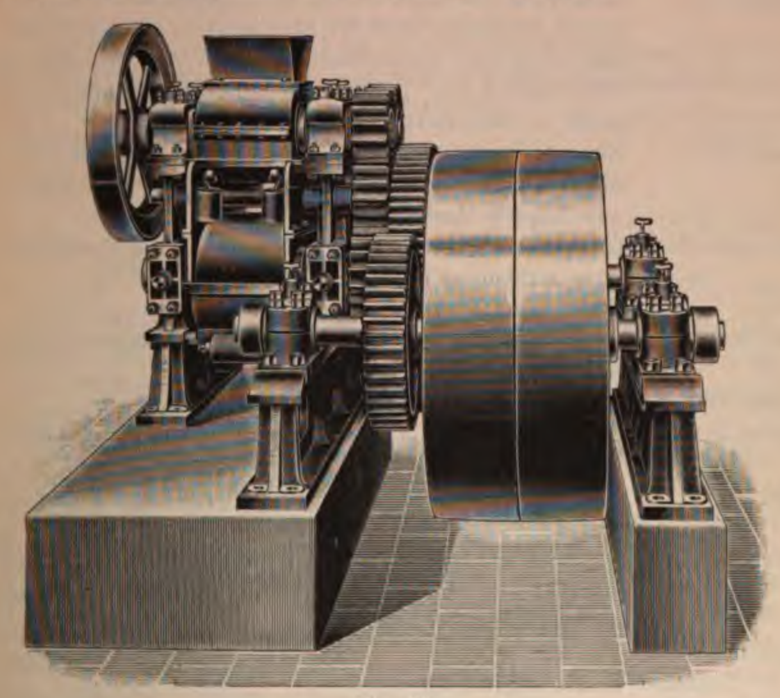


Fig. 27.

b) Kohlenmischungen. Was die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Mischungen betrifft, so richtet sich dieselbe 1. nach dem Zweck, welchem die daraus angefertigten Kohlen dienen sollen, und 2. nach der Art der weiteren Verarbeitung. Jede Fabrik hat ihre eigenen Mischungen, welchen sie besondere Brauchbarkeit zuschreibt. In der Tat lassen sich durch passende Kombination verschiedener Rohmaterialien ganz eigentümliche Wirkungen erzielen. Es kommt aber dabei nicht nur auf die Natur der verwendeten Rohkohlen, sondern auch auf die Korngröße, den

dadurch bedingten Prozentsatz an Bindemittel und den verfügbaren Preßdruck an (s. unten).

Zunächst gebe ich eine Übersicht über die in den Kapiteln 1 und 2 behandelten Rohmaterialien mit Rücksicht auf die daraus herstellbaren Kohlenkörper:

Rohmaterial:	Verwendungsart:
Graphit:	Zusatz zu Kohlen von hoher Leitfähigkeit, Schleifkontakte, Mikrophonkohlen, manche Elektroden.
Anthracit:	hauptsächlich Elektroden, auch Batteriekohlen, chemisch gereinigt auch für Lichtkohlen. Letztere werden auch aus ungereinigtem Anthracit, welcher jedoch bloß 1—2 % Asche enthalten darf, hergestellt (z. B. in Rußland).
Backkohle:	Zusatzmaterial für alle Arten von Kohlenkörpern mit Ausnahme von Lichtkohlen, für letztere nur im gereinigten Zustand.
Retortenkohle:	für alle Arten von Kohlenkörpern als Hauptmaterial oder wesentlicher Mischungsbestandteil.
Koks:	Elektroden, ordinäre Batteriekohlen.
Petrolkoks:	für alle Arten von Kohlenkörpern, besonders Lichtkohlen und Schleifkontakte.
Teerkoks:	wie Petrolkoks.
Holzkohle:	für Kohlenwiderstände, nach Brandt für Elektroden (?).
Ruß:	Hauptmaterial für Lichtkohlen, Zusatzmaterial zu fast allen Kohlenmischungen.
Teerruß:	wesentlicher Bestandteil für Mikrophonkohlen, Schleifkontakte u. dergl., aber auch verwendbar für Elektroden, Lichtkohlen.
Bindemittel u. Zusätze:	siehe Kapitel 3.

Ich will nun an der Hand einiger Beispiele die Gesichtspunkte, welche bei der Herstellung solcher Mischungen maßgebend sind, erläutern.

Grundsatz bei allen Kohlenmischungen ist der, möglichst wenig Bindemittel zu verwenden, damit beim Glühprozeß nicht allzuviel Poren entstehen, daher ist womöglich nicht zu feine Mahlung des Kohlenmaterials anzustreben. In manchen Fällen ist dies allerdings nicht möglich. Durch die Erfahrung ist ferner festgestellt, daß ein Zusatz von Ruß (oder Teerruß) zur Herstellung einer preßbaren Mischung nötig ist. Bei Bemessung des Teer-

zusatzes ist natürlich darauf Rücksicht zu nehmen, bei welchem Druck und welcher Temperatur das Pressen der Kohlen vorgenommen wird. Je höher der angewendete Druck und die Temperatur, desto weniger Bindemittel ist nötig.

1. Mischungen für Lichtkohlen. Carré (1876) erhielt folgende Mischung patentiert:

reiner gepulverter Koks	15 Teile
calcinierter Ruß . . .	5 "
Sirup	7—8 "

Nach Fisk (s. Jehls Buch S. 215) verwendet man für die ordinären amerikanischen Homogenkohlen 25 % reinen Gaskoks und 75 % Petrolkoks und Pech als Bindemittel. Jehl gibt folgende Mischungen an:

I. Sorte: 80 % Ruß und 20 % Teer.
II. " 50 " Ruß, 30 % Retortenkohle oder Petrolkoks und 20 % Teer.
III. " 30 % Ruß, 50 % Retortenkohle oder Petrolkoks, 20 % Teer.

Diese Mischungen können nicht richtig sein, weil die verschiedenen Rohmaterialien ihrer Natur nach verschiedene Teermengen benötigen. Auch ist überall gleiche Korngröße der Retortenkohle vorausgesetzt.

Am besten eignet sich Ruß zur Herstellung von Lichtkohlen. Man kann entweder den Ruß als solchen anwenden, in welchem Falle er vorher auf Kalandern gewalzt und dadurch verdichtet wird, oder mit Teer gebrannten (sog. karbonisierten) Ruß. Derselbe stellt ein Gemisch von Teerkoks und Ruß dar und wird erhalten, indem man den rohen Ruß mit Teer mischt, aus der teigigen Mischung im Ballenstampfwerk oder der Patronenpresse (s. daselbst) handliche, zylindrische Stücke preßt und diese im Glühofen stark erhitzt. Das so erhaltene Produkt ist hellgrau und sieht dem Retortengraphit ähnlich, ist aber weit weniger fest und hart wie dieser. Dasselbe wird nun vermahlen und zur Herstellung von Lichtkohlen verwendet. Natürlich verteuert sich dadurch die Fabrikation, allein die aus so gebranntem Ruß hergestellten Kohlen haben eine viel längere Brenndauer, und außerdem ergibt sich beim Glühprozeß ein viel geringerer Prozentsatz an Ausschuß, weil der gebrannte und minder fein gemahlene Ruß weit weniger Bindemittel erfordert. Will man also ungebrannten Ruß direkt verwenden, so ist zu berücksichtigen, daß der rohe Ruß infolge seiner feinen Verteilung sehr viel Bindemittel braucht. Es wird sich also empfehlen, bei

möglichst hohem Druck und unter ausgiebiger Schmierung zu pressen. Bei Preßdrucken von 350—400 Atmosphären wird man kaum mit weniger Teer auskommen, als durch das Verhältnis:

Teer	55 %	
gewalzter Ruß	45 „	ausgedrückt ist.

Bei Anwendung gebrannten Rußes genügt, wenn die Mahlung nicht zu fein ist (Sieb von circa 169 Maschen pro 1 cm^2) ein kleinerer Teerzusatz, z. B.:

gebrannter Ruß	56 %		Schwindemaß 3—4 %
gewalzter „	6 „		
Teer	38 „		
(Borsäure . .	0,3 „	für Homogenkohlen).	

Gebrannter und roher Ruß können in verschiedensten Mengenverhältnissen kombiniert werden. Je nach dem Verhältnis ihrer Mischung und der Korngröße des gebrannten Rußes kann der Teerzusatz sehr variiren, auch weit kleiner sein, als oben angegeben.

Recht gute Lichtkohlen aus nicht feinstgemahlenem Retortengraphit (Sieb von 121—144 Maschen pro 1 cm^2) erhält man nach folgendem Rezept:

Retortenkohle	58 %		Schwindemaß 2—3 %
gewalzter Ruß	13 „		
Teer . . .	29 „	(Borsäure wie oben).	

Retortengraphit scheint im allgemeinen eines ziemlich hohen Rußzusatzes zu bedürfen, will man nicht übermäßig viel Teer in die Mischung bringen.

Ähnliches scheint auch beim Petrolkoks der Fall zu sein. Eine brauchbare Mischung erhielt ich beispielsweise bei folgenden Verhältnissen:

Petrolkoks (geglüht)	55 %
gewalzter Ruß . .	24 „
Teer	21 „
Borsäure wie oben.	

Wollte man Lichtkohlen aus chemisch gereinigtem Anthracit herstellen, so könnte man sich z. B. an folgendes Rezept halten:

Anthracit . .	70 %	(Sieb 225 Maschen pro 1 cm^2),
gewalzter Ruß	9 „	
Teer . . .	21 „	

Ph. Holmes[1]) stellt seine Kohlenstifte in der Weise her, daß er Graphit in feinverteiltem Zustand preßt und die erhaltenen Stifte mit trocknendem Öl imprägniert. Um ihnen größere Festigkeit zu verleihen, verleibt man der Masse feinverteiltes Fasermaterial (Holzfaser), aber in möglichst geringer Menge, ein (im Verhältnis 4 : 1 bis 35 : 1). Solche Stifte sollen länger brennen und ein besseres Licht geben als die gewöhnlichen (?). Bezüglich der zahllosen für Lichtkohlen vorgeschlagenen Zusätze verweise ich auf das 3. Kapitel.

2. Mischungen für Elektroden werden zumeist aus grobkörnigem Material (s. Seite 104) hergestellt. Für diese kommt in erster Linie Anthracit in Betracht. Eine brauchbare Mischung ist z. B.:

Anthracit	$82\frac{1}{2}$ %	Schwindemaß 2 %;
Ruß . .	$3\frac{1}{2}$ "	
Teer . .	14 "	

will man Mahlgut (von gleicher Kohlengröße) von bereits gebrannten, zerbrochenen oder zersprungenen Elektroden mit verwerten, so kann man folgende Mengen verwenden:

Anthracit . .	55 %	Schwindemaß 2 %.
Elektrodenbruch	$27\frac{1}{2}$ "	
Teer	14 "	
Ruß	$3\frac{1}{2}$ "	

Wünscht man der Mischung gasreiche Backkohle zuzusetzen, was sehr zu empfehlen ist, so kann der Rußzusatz wegbleiben. Die in dieser Weise hergestellten Elektroden zeichnen sich durch größere Härten und Festigkeit aus. Die gasreiche Kohle wird in feinst gemahlener Form verwendet, der Anthracit in der oben angegebenen Körnung. Recht gute Resultate ergab mir folgende Mischung:

Anthracit . .	57,5 %
gasreiche Kohle	19 "
Teer	23,5 "

Shrewsbury und Dobell[2]) nehmen folgende Mischung:

Anthracit . .	10 Teile,
gasreiche Kohle	4 "
Teer oder Pech	7 "

Will man die Leitfähigkeit erhöhen, so kann man auch Graphit zusetzen, etwa nach folgender Art:

[1]) Dingl. polyt. Journ. 284, 264.
[2]) Electric. world 1895.

(engl.) Anthracit . .	60%
(engl.) Schmiedekohle	15 "
Graphit	5 "
Teer	20 "

Es ist oben (S. 52) erwähnt worden, daß man, um die Kosten der Entgasung zu sparen, einen Teil des zu verwendenden Anthracites in ungeglühtem Zustand verwenden kann. Vielleicht ist es möglich, Mischungen herzustellen, welche nur unentgasten Anthracit enthalten. Mir ist es bisher nicht gelungen.[1]) Eine geeignete Mischung war folgendermaßen zusammengesetzt:

engl. Anthracit, geglüht	30%	Schwindemaß 4%.
" " ungeglüht	30 "	
oberschles. Schmiedekohle	14 "	
Teer	26 "	

Vorzügliche Elektroden, aber nur in kleineren Dimensionen herstellbar, erhält man durch geeignete Kombination von Schmiedekohle und Teerruß. Diese Mischungsart ist mir durch J. Rudolphs bekannt geworden. Nach dem Glühen erscheint diese Kohle außerordentlich hart, so daß sie Glas ritzt, ungemein dicht und sehr widerstandsfähig gegen chemische Einwirkungen in den elektrolytischen Bädern, und so homogen, daß bei genügend feingemahlener Schmiedekohle kein Korn mehr wahrnehmbar ist. Lessings harte Kohle ist wahrscheinlich ähnlich hergestellt. Solche Kombinationen sind z. B.:

	Schmiedekohle	25% (feinst gemahlen, 24% Glühverlust),	Schwindemaß 12%;
	Teerruß . .	75 "	
oder:	Schmiedekohle	14% (35% Glühverlust),	Schwindemaß 12%.
	Teerruß . .	86 "	

Da der Teerruß teuer ist, so kann naturgemäß eine solche Kohle, was Billigkeit betrifft, mit Anthracitelektroden nicht konkurrieren. Außerdem erfolgt beim Brennen (s. daselbst) ein so bedeutendes Schwinden, daß große Kohlenkörper auf diese Art nicht herstellbar sind, ohne sich zu deformieren oder zu zerreissen.

Früher wurden Elektroden meist aus Retortenkohle hergestellt. Jehl gibt z. B. folgende Mischung an:

80% Retortenkohle (oder auch Petrolkoks), 20% Teer.

[1]) Siehe auch 1. Kap., S. 29.

Der rasch wachsende Preis dieses Rohmaterials hat aber seine Verwendung zu Elektroden eingeschränkt.

Eine gute dichte Kohle wurde aus folgender Mischung erhalten:

Retortenkohle	59 %	Schwindemaß 2—3 %.
roher Ruß .	14 „	
Teer . . .	27 „	

Dabei wurde durch Versuche festgestellt, daß es gleichgültig ist, welche Art des Retortengraphites man verwendet (s. daselbst).

Nach F. Winteler[1]) muß die Art der Elektroden sich nach ihrer Bestimmung richten. In solchen Elektrolyten, welche Sauerstoff abscheiden, gehen die Kohlen rasch zu Grunde.[2]) Bei der Elektrolyse von Chloralkalien bildet sich stets auch etwas Sauerstoff neben Chlor, welches letztere die reine Kohle nicht angreift, jedoch Kohlenwasserstoffe, wozu noch die mechanische Wirkung der entwickelten Gase kommt. Für die Elektrolyse von Schwermetallchloriden gilt dasselbe. Kohlenelektroden für diese Zwecke sollen also: 1. möglichst wenig Kohlenwasserstoffe enthalten, 2. möglichst dicht sein, damit keine Gasentwicklung im Innern erfolgt, und 3. unorganische Verunreinigungen nicht enthalten. Man wird also die Kohlen sehr stark glühen müssen; zu ihrer Schonung soll die Stromdichte nicht groß genommen werden (2 Ampère pro Quadratdecimeter). Gesägter Retortengraphit eignet sich gut, seine unorganischen Verunreinigungen, kieselsaure Tonerde und Eisenoxyd, werden durch Chlor kaum angegriffen. Für diese Zwecke wird sich die elektrographitische Kohle gut eignen.

Für die Aluminiumindustrie ist ein kleiner Gehalt der Elektroden an Kohlenwasserstoffen belanglos, da sie ohnehin rasch verbrennen. Natürlich darf die Leitfähigkeit nicht beeinträchtigt werden. Schädlich sind in diesem Falle Kieselsäure und ihre Verbindungen, weil einerseits die Bildung von Fluorsilicium und dadurch ein Fluorverlust veranlaßt, anderseits die Verunreinigung des Metalls mit Silicium möglich gemacht wird. Hier werden sich also nach Winteler künstliche Elektroden aus Petrol- oder Teerkoks eignen. Für die Elektroden zur Karbidgewinnung kommen weder die unorganischen Verunreinigungen noch auch der etwaige Kohlenwasserstoffgehalt der Kohle in Betracht, und deshalb können hier auch unreine Rohmaterialien, wie Koks oder Anthracit, Verwendung finden.

---

[1]) Zeitschr. f. Elektrochem. 1900. S. 356.

[2]) Zellner, Zeitschr. f. Elektrochem. 1899. No. 40.

3. Mischungen für Batteriekohlen. Für diese Kohlen pflegt man häufig keine besonderen Mischungen herzustellen, sondern benutzt die für Elektroden angewendeten.

Allerdings dürften die oft unreinen Rohmaterialien auf die elektromotorische Kraft der mit derartigen Rohmaterialien hergestellten Kohlen einen ungünstigen Einfluß üben, doch werden wohl die meisten Batteriekohlen aus genügend reinem Retortengraphit hergestellt. Notwendig ist vor allem, daß die Batteriekohlen den Strom möglichst gut leiten. Hohe Glühtemperaturen sowie womöglich Zusatz von Graphit werden daher die Qualität der Kohlen günstig beeinflussen.

Greßler (l. c.) verwandte (1856) eine Mischung von Koks und Teer.

Schmidt (1856) machte eine Mischung von gut ausgeglühtem Koks und backender Steinkohle im Verhältnis 1:2 ohne Zusatz eines Bindemittels und glühte in eisernen Formen, ähnlich, wie man bei der Brikettfabrikation verfuhr. So hergestellte Kohlen sind natürlich sehr porös. Es ist dies das von Bunsen 1842[1]) angegebene Verfahren.

Fisher[2]) will faserige Kohle aus indischem Rohr verwenden.

Jehl nimmt dieselbe Mischung wie für Elektroden (s. daselbst).

Härdén[3]) empfiehlt als eine gute Kohlenmischung die folgende:

entgaster Anthracit	45 %
calcinierter Ruß .	3 „
Petrolkoks . . .	4—5 „
Retortenkohle . .	10 „
Graphit	5—6 „
warmer Teer . .	32 „

Beträgt der Aschengehalt der Rohmaterialien mehr als 5—6%, so empfiehlt Härdén eine chemische Reinigung mit Salzsäure und warmem Wasser. Doch ist zu berücksichtigen, daß dadurch das Produkt sehr verteuert wird.

Kohlen für Leclanchéelemente, welche chemisch nicht angegriffen werden, können nach Brandt[4]) aus allem möglichen Abfallsmaterial, aus dem in Mahlgängen und andern Verkleinerungsmaschinen sowie aus Aspiratoren abgefangenen Kohlenstaub angefertigt werden,

[1]) Siehe Einleitung, S. 3.
[2]) Engl. Pat. 15597 von 1891.
[3]) Elektrotechn. Anzeiger 1902. No. 1.
[4]) Chemiker-Ztg. 1901. No. 89.

nur muß der letztere vor der Verarbeitung magnetisch enteisent werden.

Für manche Arten von Elementen, welche nach dem Typus des Leclanchéelementes konstruiert sind, werden poröse Zylinder verlangt, welche dem Elektrolyten leichten Eingang ins Innere zu dem dort befindlichen Braunstein ermöglichen. In diesem Falle müssen in der Kohle beim Glühprozeß künstlich Sprünge und Risse hervorgebracht werden. Jedoch darf die Leitfähigkeit und die Festigkeit nicht darunter leiden (s. Kapitel 3). Am besten eignen sich Ammonsalze oder Salpeter, dessen Partikeln durch Verbrennung der Kohle beim Glühprozeß Löcher erzeugen, ferner auch Schwefel. Solche Mischungen sind z. B.

Retortengraphit .	60%
Teer	28 „
Ruß	6 „
Salmiak oder dgl.	6 „

Hier wären auch die sogenannten Braunsteinbriketts anzuführen, welche bei manchen Formen von Leclanchéelementen Verwendung finden. Dieselben werden statt des gekörnten Braunsteins verwendet und mittels Bindfaden oder Gummibändern oder Ebonitschrauben[1]) an der Batteriekohle selbst befestigt. Solche Briketts werden bloß gepreßt und nicht gebrannt. Als Bindemittel wird Wasserglas, sonderbarerweise auch Harz verwendet. Vor allem ist auf gut leitendes Kohlenmaterial (Retortengraphit und Graphit) namentlich aber auf hochprozentigen Braunstein zu sehen, dessen Menge man so groß nimmt als möglich. Derselbe wird nicht gepulvert. Zwei im Handel vorkommende Sorten zeigten im lufttrockenen Zustand:

I.		II. (Compt. rend. 1876.)	
49%	Braunstein + Asche,	40 Teile	MnO_2 + Asche,
32 „	Kohle	55 „	Kohle,
12 „	Wasserglas,	3—4 „	$KHSO_4$
5 „	Harz,	5 „	Harz (Schellack).
2 „	Feuchtigkeit.		

Härdén[2]) betont mit Recht, daß die Masse möglichst viel Braunstein enthalten soll, jedoch setzt der Leitungswiderstand hier eine Grenze. Der Braunstein soll rein sein, was durch sein kristal-

[1]) Société Le Carbone.
[2]) Elektrotechn. Anzeiger 1902. No. 1.

linisch-faseriges Aussehen sich kundgibt; solcher Braunstein läßt sich gut pressen. Die folgende Zusammenstellung hat sich bewährt:

Braunstein . .	65 %
Graphit . . .	20 „
Mastix . . .	8 „
Schellack . .	2 „
Kaliumbisulfat	5 „

Die Zusammensetzung der sogenannten Braunsteinzylinder, d. h. jener Kohle-Braunsteinkörper, welche mit Teer gepreßt und nachher gebrannt werden (was natürlich verwerflich ist), unterscheidet sich nur durch den relativ geringeren Braunsteingehalt. Die Analyse eines solchen Braunsteinzylinders ergab:

Asche	23,5 „
wirksamer Sauerstoff als Braunstein berechnet .	3,78 „
gesamter Mangangehalt als Braunstein berechnet	18,60 „

Daraus folgt, daß etwa $^3/_4$ des zugesetzten Braunsteins während des Glühprozesses reduziert und unwirksam gemacht worden sind.

4. Mischungen für Schleifkontakte, Dynamobürsten. Für diese Kohlenkörper kommt hohes Leitungsvermögen und vollständig homogene Beschaffenheit besonders in Betracht. Um brauchbare Resultate zu erhalten, ist peinliche Sorgfalt in der Wahl des Rohmaterials und namentlich große Aufmerksamkeit bei der Mischung und Bearbeitung der Kohlenmasse erforderlich. Die Materialien werden in möglichst fein gemahlenem Zustande verwendet. Graphit ist stets ein wesentliches Ingrediens, wenn man es nicht vorzieht, die Substanz schließlich im elektrischen Ofen zu „graphitieren“. Besonders hat sich die Verwendung des Teerrußes und der backenden Steinkohle als förderlich erwiesen, ebenso ist der feine Ruß ein geeignetes Material. Die Amerikaner stellen diese Kohlenkörper aus Petrolkoks her, welcher aber etwas zu hart ist und zugleich ohne beträchtlichen Graphitzusatz einen etwas hohen Widerstand besitzt. Jehl gibt folgende Mischung an: Petrolkoks 65—70 %, Graphit 10—15 %, Teer 20 %.

Unübertroffen sind auf diesem Gebiete die französischen Fabrikate, mit welchen nur noch die schwedischen konkurrieren können. Doch werden auch vielfach amerikanische Fabrikate verwendet (The Partridge Motor and Generator Brushes, Sandusky (Ohio) und die Speer-Carbon Co.). Für Schleifkontakte kommt neben dem Leitungsvermögen namentlich die Härte in Betracht, weil bei

zu geringer Härte eine zu rasche Abnützung der Kohle, im andern Falle des Kollektors stattfindet. Die Härte läßt sich einerseits durch die Menge Schmiedekohle, welche die Härte erhöht, anderseits durch Graphitzusatz, welcher sie herabdrückt, in ziemlich weiten Grenzen variieren.

Einige Beispiele werden dies erläutern:

1. Mischungen für härtere Kohlen:

	I.	II.	III.
Teerruß	50 %	57 %	37 %
Ruß	10 „	23 „	$7^1/_2$ „
Graphit	$12^1/_2$ „	14 „	$18^1/_2$ „
Backkohle	$7^1/_2$ „	6 „	$18^1/_2$ „
Teer	20 „	—	$18^1/_2$ „
Spez. Widerstand in Ohm	38	14	23

2. Für weichere Kohlen.

	I.	II.
Teerruß . . .	19 %	54 %
Ruß	—	—
Graphit . . .	39 „	$40^1/_2$ „
Backkohle . .	19 „	$5^1/_2$ „
Teer	23 „	—

Von manchen Fabriken werden auch als Material für Dynamobürsten und dergl. die Reste der abgebrannten Licht-Homogenkohlen, namentlich von Rußkohlen, verwendet, ein billiges und gutes Rohmaterial. Da die Homogenkohlen in der Regel Borsäure enthalten, so erklärt sich auf diese Weise der öfter beobachtete Borsäuregehalt von Schleifkontakten und dergl. Eine gute Mischung dieser Art ist z. B.:

Gemahlene Homogenkohlen (aus Ruß)	31 %
Calcinierter Ruß	$15^1/_2$ „
Graphit	$15^1/_2$ „
Backkohle	6 „
Teer	32 „

Um schon bei der Mischung eine sehr gleichmäßige Verteilung des Teeres zu bewirken, wendet J. Rudolphs das sogenannte nasse Mischen an. Die festen, feinstgemahlenen Bestandteile der Mischung werden mit so viel Wasser in der Mischmaschine verarbeitet, daß ein leicht knetbarer Teig entsteht. In denselben gießt man nun die gewogene Menge heißen Teers, während der Mischprozeß fortgesetzt wird. Infolge einer eigentümlichen Adhäsionserscheinung

verdrängt der Teer in kurzer Zeit das Wasser, welches man zuletzt von der fertig gemischten Masse abgießt. Bei dieser Prozedur tritt eine sehr gleichmäßige Verteilung des Teers in der Kohlenmasse ein. Freilich ist man nachher genötigt, die Masse auf Blechen zu trocknen. Das so bröcklig gewordene Material wird nun durch Siebe gedrückt und dadurch möglichst fein gekörnt, worauf es der Pressung unterworfen wird. Das Verfahren ist umständlich, nur bei der Herstellung feiner Waren brauchbar, liefert aber vorzügliche Resultate.

Ph. Holmes stellt eine Mischung aus Graphit, Leinöl und Fasermaterial her, welche vorzügliche Dynamobürsten liefern soll (siehe Kap. 5, Lichtkohlen).

5. Mischungen für Mikrophonkohlen. Im allgemeinen gilt hier das für Kontakte Empfohlene. Im Interesse der Leitfähigkeit wird man reichlichen Graphitzusatz verwenden, anderseits durch Zusatz von gasreicher Kohle die Härte zu steigern suchen. Genügende Feinheit des Kornes und sorgfältigste Mischung der Materialien sind ebenfalls von Wichtigkeit.

6. Mischungen für Kohlen zur elektrischen Schweißung. Meist werden dieselben Mischungen wie für Lichtkohlen verwendet. Nach G. W. v. Tunzelmann[1]) soll die Kohle Fe_2O_3 oder CuO enthalten, damit kein überschüssiger Kohlenstoff im Lichtbogen vorhanden ist und die Hitze infolge der Gegenwart von Metalldämpfen gleichförmig verteilt ist. Über die Art der verwendeten Mischung ist mir nichts bekannt geworden.

7. Mischungen für Ofenfutter, Kohleziegel etc. Als solche verwendet man je nach dem Zwecke, welchem die Kohlenkörper dienen sollen, Elektroden- oder Batteriekohlenmischungen.

8. Mischungen für Widerstände. Man kann dieselben Mischungen gebrauchen wie für Lichtkohlen. Doch ist hier die Anwendung der Holzkohle als Rohmaterial empfehlenswert. Härdén[2]) wendet feuerfesten Ton als Zusatzmaterial an, wodurch der Widerstand bedeutend erhöht wird. Als Kohlensubstanz empfiehlt sich Graphit. Solche Mischungen sind identisch mit den in der Bleistiftfabrikation gebräuchlichen und brauchen keinen Zusatz von Teer als Bindemittel. Wegen des hohen Gehaltes an unverbrennlichen Bestandteilen müssen solche Mischungen bei der Bearbeitung sorgfältig von den übrigen Kohlenmischungen getrennt behandelt werden.

[1]) D. R. P. 97883.
[2]) Privatmitteilung.

Ähnliche Mischungen werden sich zu Formen für das Glühen der Glühlampenfäden eignen.

Schiff & Co[1]) wenden Karborund als Zusatzmaterial an, eine Mischung von 1 Teil Ruß, 1 Teil Retortenkohle und 1 Teil Karborund zeigt im gebrannten Zustand einen spez. Widerstand von ca. 95 Ohm, während eine solche aus 1 Teil Retortenkohle und 3 Teilen feuerfesten Tones 900—1800 Ohm spez. Widerstand zeigt. Will man noch höhere Widerstände haben, so kann man 8—10 Teile Karborund auf 1 Teil Ruß und 1 Teil Retortenkohle anwenden.

9. Mischungen für Kohlendiaphragmen. Als solche kann man die Mischungen für Batteriekohlen verwenden, besonders jene für poröse Kohlen. Anwendung grobkörniger Holzkohle wird hier am Platze sein.

Anwendung finden solche Kohlendiaphragmen bei Elementen nach dem Typus des Lalande-Elementes (Hertel, D. R. P. 72013), sowie in der Alkaliindustrie (Andreoli[2]) und P. L. Hulin)[3]). Nach W. Löb besitzen diese Diaphragmen die Eigenschaften durchlässiger Wandungen und metallischer Mittelleiter gleichzeitig.[4])

---

[1]) Privatmitteilung.
[2]) Engl. Pat. 18597 von 1891.
[3]) D. R. P. 81893.
[4]) Zeitschr. f. Elektrochemie 1896, 185.

5. Kapitel.

Die mechanische Bearbeitung der Kohle.

Nach Beendigung der Mischung und Knetung erhält das Material durch den Preßprozeß seine definitive Gestalt. Die Pressung erfolgt teils in Stampfwerken, teils in Spindelpressen, teils in hydraulischen Pressen. Letztere sind am meisten in Verwendung, weil sie die Anwendung höherer Drucke gestatten, was von großer Wichtigkeit ist. Nach dem Pressen sind häufig noch verschiedene mechanische Prozeduren nötig, um die Gestalt der Kohlenkörper zu vollenden. Von den in der Brikettindustrie verwendeten Apparaten sind die in der Kunstkohlenfabrikation gebräuchlichen ganz verschieden. Dort handelt es sich um Massenfabrikation geformter Kohlenkörper, deren Festigkeit und Homogeneität vergleichsweise gering zu sein braucht und welche daher unter geringem Druck gepreßt werden können, hier kommt es auf gleichmäßige und möglichst dichte Beschaffenheit der erhaltenen Preßstücke an, außerdem verlangt man oft eine bis auf Bruchteile eines Millimeters genaue Dimensionierung. Daher ist hier der Preßprozeß viel subtiler, außerdem häufig noch nach demselben eine nachträgliche mechanische Bearbeitung der Kohle nötig, was bei Briketts ganz wegfällt.[1])

Im folgenden soll nun zuerst der Prozeß des Vorpressens und hierauf die Formgebung bei den verschiedenen Arten der Kohlenkörper besprochen werden.

IV. Vorpressen.

Bevor das geknetete Material in den hydraulischen Pressen seine definitive Gestalt erhält, muß es zunächst in die Form zylin-

---

[1]) Vergl. bezüglich des Gesagten: Oppler, Die Fabrikation der künstl. Brennstoffe, insbes. d. Briketts. Berlin 1864.

drischer Stücke (Ballen, Patronen, Nudeln genannt) gebracht werden, welche einen solchen Querschnitt besitzen, daß sie in die Materialzylinder der hydraulischen Pressen hineinpassen. Das Vorpressen ist auch deshalb notwendig, weil aus losem Material direkt hergestellte Kohlenkörper viel Luft einschließen und daher leicht rissig werden. Dieser Prozeß des Vorpressens kann auf den später zu beschreibenden Vertikalpressen durchgeführt werden, häufiger aber benutzt man Rammen (Vorstampfwerke). Die von J. C. Braun und F. Pemsel gebauten Vorstampfwerke (Fig. 28) sind von sehr einfacher Konstruktion. Ein Stempel *a* wird durch den exzentrischen Arm *b* einer Welle gehoben, sodann fallen gelassen und preßt durch sein Gewicht das Kohlenmaterial in der zweiteiligen Form *i* zusammen, welch letztere mit Hilfe des Scharniers *c* nach Entfernung des Bolzens *d* auseinandergenommen werden kann. Der Antrieb erfolgt durch die Riemenscheiben *e*. Ein drehbarer Arm *f* ermöglicht es, den Stempel in seiner höchsten Stellung festzuhalten, indem er sich unter das aufgekeilte Stück *h* legt. Die Drehung des Armes *f* erfolgt durch die Handhabe *g*. Die Firma F. Pemsel erzeugt auch Stampfwerke mit variablem Hub, so daß der Druck, welchem die einzelnen Schichten der Kohlenpatrone ausgesetzt werden, immer der gleiche ist.

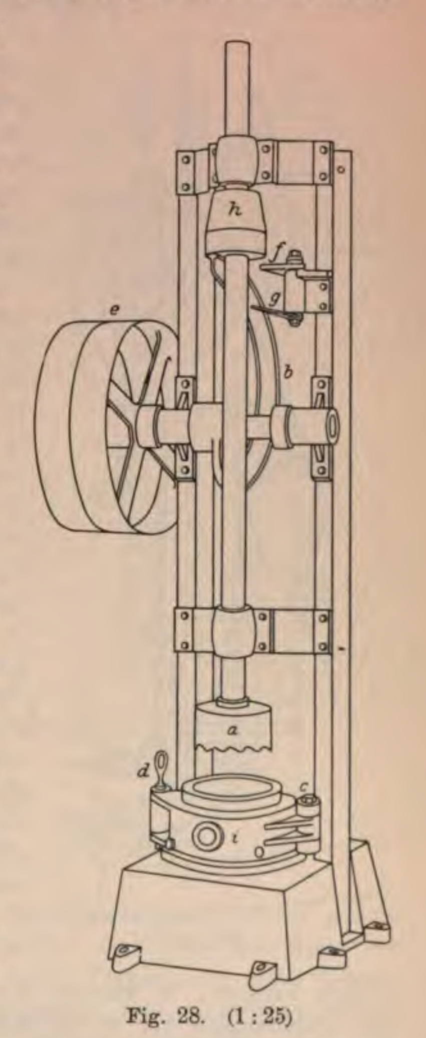


Fig. 28. (1 : 25)

J. C. Braun baut auch andere Stampfwerke nach Art der Friktionshämmer. Ein solches ist in der Fig. 29 dargestellt. Der Rammbär *a* mit seinem Führungsteil *e* und der Schiene *g* wird dadurch gehoben, daß die Schiene *g* zwischen zwei Friktionsrollen *s*

sich bewegt (in der Figur ist nur eine sichtbar und zwar die mit der fixen Achse und dem Schwungrad r' verbundene). Die andere Friktionsrolle, welche mit dem Schwungrade r an einer zweiten Welle sitzt, läßt sich samt dieser durch einen Exzenter gegen das Lineal g pressen, wodurch sodann das letztere samt dem Stempel a in die Höhe gehoben wird. Das Anpressen und das Abziehen des Friktionsrades geschieht mit Hilfe des Gestänges b c d f. Wird der Hebel h gesenkt, so neigt sich das Gewicht b nach rechts; der Kniehebel, welcher bei c seinen Drehpunkt hat, dreht sich so, daß sein linker Arm in die Höhe geht, wodurch die Stange f ebenfalls gehoben wird und den Exzenter gegen die Gleitschiene g drückt. d ist eine Luftbremse, welche so wirkt, daß bei der erwähnten Bewegung die Luft oberhalb des Kolbens zusammengepreßt wird und beim Umschalten das Gestänge wieder nach abwärts zieht. Eine in der Figur nicht sichtbare Auslösung verhindert ein zu weites Emporsteigen des Rammklotzes. i ist eine zweiteilige Form, in welcher das Material zusammengepreßt wird; dasselbe wird durch den Trichter portionenweise während des Stampfens eingetragen. Die Dimensionen der Stampfform richten sich nach denen des Massezylinders der verwendeten hydraulischen Pressen, in welchen die Ballen weiter verarbeitet werden. Der Durchmesser der zylindrischen Kohlenpatronen beträgt meist 25—30 cm; J. C. Braun baut auch Stampfwerke, mit welchen man Patronen von 70 cm Durchmesser und 75 cm Länge stampfen kann.

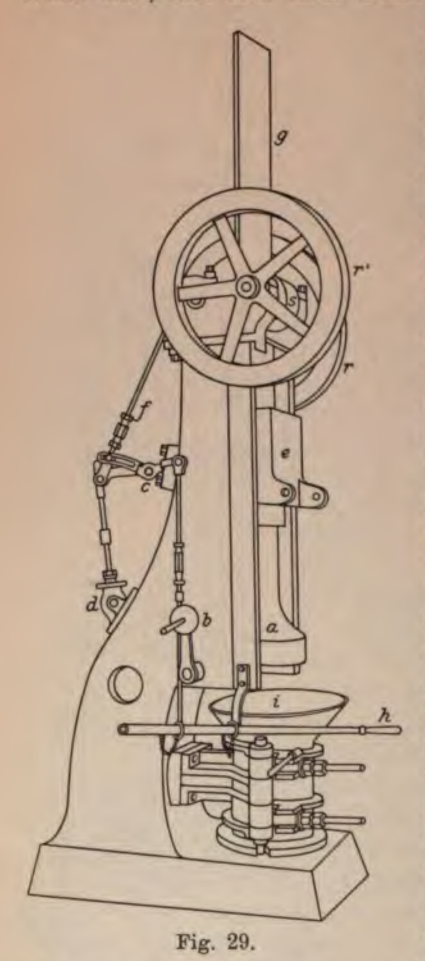


Fig. 29.

Das Vorpressen kann aber statt in Stampfwerken auch direkt in hydraulischen Pressen geschehen.

Dazu eignen sich besonders **Vertikalpressen**, in welche das Material, wie es vom Knetprozeß kommt, eingefüllt und mit einem hölzernen Stößel eingestampft wird, worauf dasselbe durch ein entsprechendes Mundstück im Kopf der Presse hydraulisch in Strangform durchgepreßt wird. Der Strang wird dann in Stücke von passender Länge zerschnitten.

Da die Vertikalpressen eine Höhe von ca. $3^1/_2$ Metern haben und daher, um eine bequeme Manipulation zu ermöglichen, ziemlich tief unter das Niveau des Arbeitsraumes herabreichen müssen, sind Reparaturen ungleich schwieriger auszuführen wie bei den horizontalen Pressen.

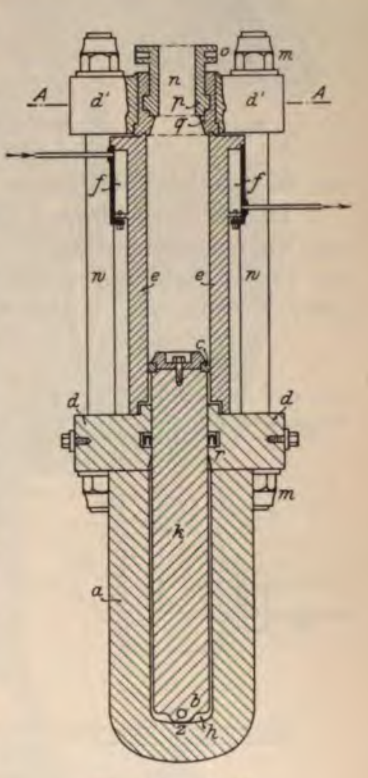


Fig. 30. (1 : 40)

Die Einzelheiten der Konstruktion (Dengg & Co.) ergeben sich aus der nebenstehenden Figur 30. *a* ist der gußeiserne Wasserzylinder, in welchem durch die Öffnung *b* das von den Pumpen kommende Druckwasser eintritt. Der eiserne Kolben *k* ist mit Kupferblech überzogen, trägt am oberen Ende einen Dichtungsring *c* aus Bronze und besitzt am unteren Ende einen Zapfen *z*, welcher die vollständige Ausfüllung des Zylinders durch den Kolben verhindert. Die Hohlräume *h* bieten zu Beginn des Pressens dem Druckwasser den nötigen Arbeitsraum. In einem Stücke mit dem Zylinder *a* ist der dreiseitige Ansatz *d* gegossen, welcher durch drei stählerne Wellen *w* (Kolonnen) mit einem gleichgestalteten Körper *d'* des Oberteiles verbunden ist. Die Kolonnen bewirken mit Hilfe der Schrauben und Muttern *m* die feste Verbindung des Wasserzylinders mit dem Oberteil der Presse. Der Materialzylinder *e* ist aus Stahl gefertigt und trägt an seinem oberen Teil einen Heizmantel *f*, damit die zu pressende Masse durch das Dünnflüssigwerden des beigemischten Teeres weniger Reibung erzeugt. Bei *r* liegt die Ledermanschette, welche den Kolben abdichtet. Im obersten Teil der Presse ist die Öffnung, in welche die Mund-

stücke *n* eingesetzt werden, welche dem austretenden Kohlenstrang den gewünschten Querschnitt geben.



Fig. 31.

Die Mundstücke sind aus Stahl hergestellt. Ihre Befestigung erfolgt durch eine Art von Bajonettverschluß, dessen Details aus der Figur 31 ersichtlich sind. Das stählerne Mundstück *p* trägt drei Ringsegmente, welche unter Winkeln von 120° angebracht sind und eine Breite von nahezu 60° des betreffenden Kreisumfanges besitzen. Ebensolche Segmente, jedoch einspringend, besitzt der in den Kopf der Presse eingesetzte Teil *q*.

Ist der Preßkolben *k* gesenkt und der Materialzylinder *e* mit der Kohlenmischung gefüllt worden, so wird das Mundstück *p* in der in der Figur angegebenen Weise eingesetzt und hierauf mittels einer Eisenstange, welche in die Öffnung *o* gesteckt wird, um ungefähr 60° gedreht. Dabei kommen die segmentartigen Vorsprünge des Mundstückes *p* in die entsprechenden Ausnehmungen des Teiles *g*, wobei sich ihre geneigten Flächen gegen die entsprechenden Flächen der Nuten von *q* pressen, wodurch das Mundstück während des Preßvorganges festgehalten wird.

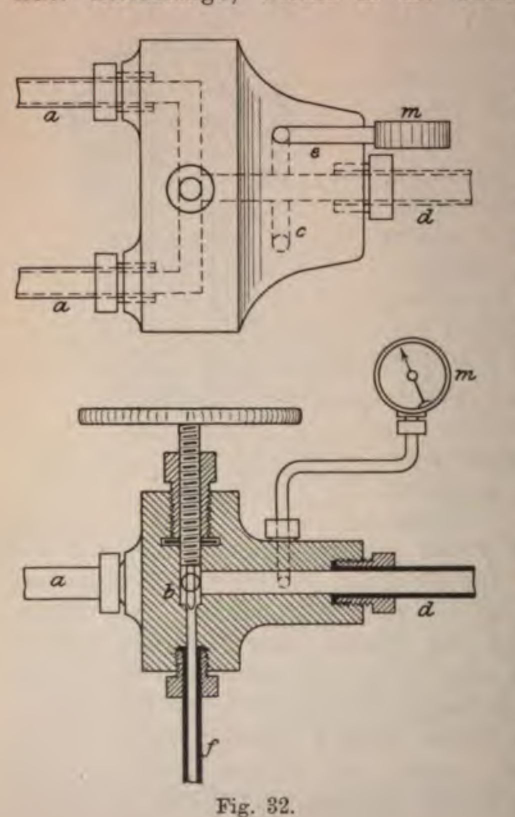


Fig. 32.

Sobald dies geschehen, läßt man bei *o* das Druckwasser einströmen, welches den Piston *k* hebt und das Material in Strangform mit dem durch *n* bestimmten Querschnitt herauspreßt.

Der Eintritt des Druckwassers in die Presse, die Druckregulierung während des Pressens und das Abfließen des Wassers nach beendeter Pressung

wird durch die Ventilvorrichtung (Fig. 32) ermöglicht, welche in unmittelbarer Nähe der Presse aufgestellt wird. Das Druckwasser tritt von den weiter unten zu beschreibenden Pumpen

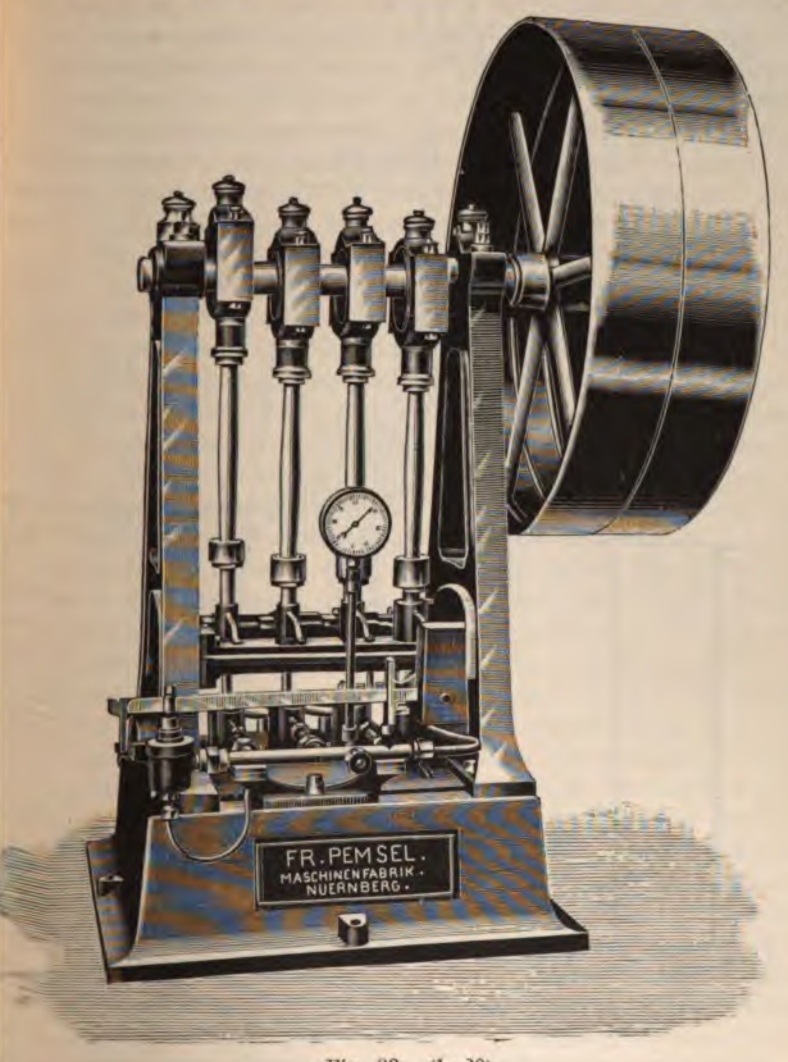


Fig. 33. (1 : 20)

rch die Rohre *a* ein und fließt, wenn das Ventil *b* geschlossen durch das Rohr *d* zur Presse. An das Rohr *c* ist ein Sicheritsventil, an das Rohr *e* ein Manometer *m* angeschraubt. Wird

das Ventil *b* geöffnet, so strömt das Druckwasser durch das Rohr *f* in den Wasserbehälter ab.

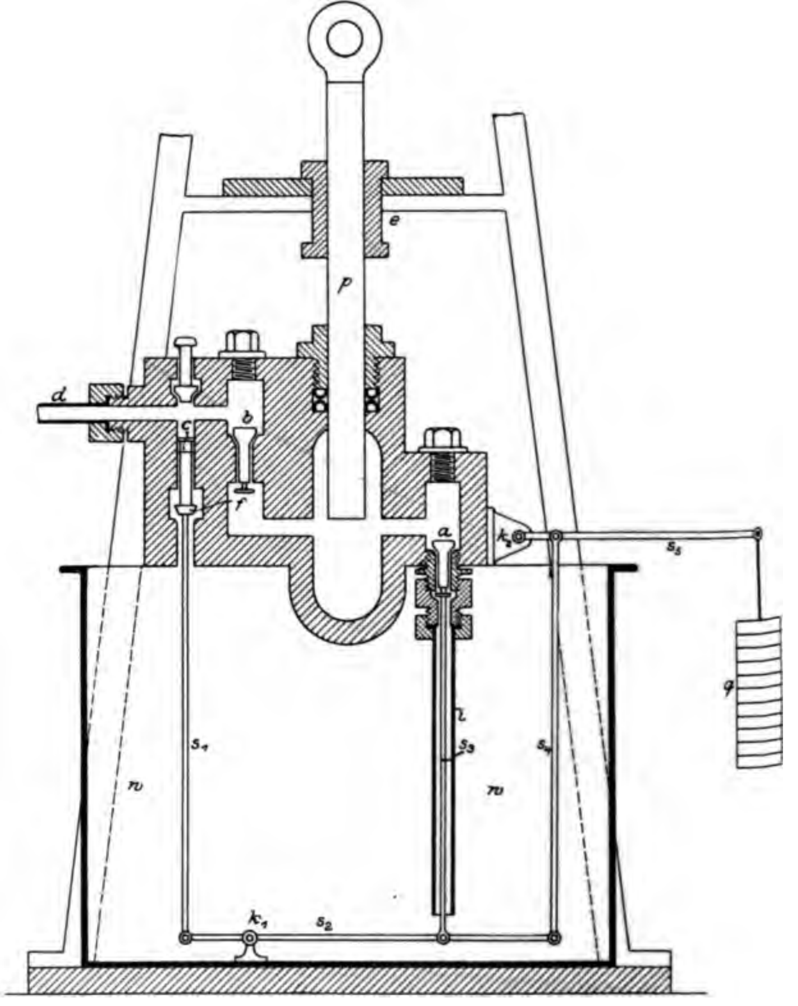


Fig. 34.

Was die verwendeten Pumpen betrifft, so benützt man gegenwärtig fast ausschließlich Kolbenpumpen mit mehreren (3—6) Kolben, welche durch Riemenantrieb in Bewegung gesetzt werden. Eine häufige und empfehlenswerte Konstruktionsweise ist jene, bei welcher ein größerer Kolben nur bis zu einem gewissen, verhältnis-

mäßig geringen Druck mitarbeitet und sodann automatisch ausgelöst wird. J. C. Braun baut die Pumpen so, daß dieser Niederdruckkolben bei etwa 25 Atmosphären ausgeschaltet wird, F. Pemsel läßt denselben bis zu 50 Atmosphären mitarbeiten. In der Regel hat der Niederdruckkolben einen größeren Durchmesser (50—70 mm), als die Hochdruckkolben (von 20—40 mm). Die Zylinder für Hochdruck werden aus Stahl, jene für geringeren Druck aus Rotguß oder Phosphorbronze hergestellt. Der Maximaldruck beträgt meist 400 Atmosphären, da erfahrungsgemäß bei höheren Drucken sich Schwierigkeiten bezüglich der Abdichtung u. s. w. ergeben. Doch baut J. C. Braun Pressen bis zu 1000 Atmosphären Druck.

In Fig. 33 ist eine Pumpe nach dem Nürnberger Typus dargestellt, in Fig. 34 ein Schnitt durch den eigentlichen Pumpenkörper. Der Antrieb erfolgt durch die Riemenscheiben und Exzenter, welche meist durch Kugelgelenke mit den Pumpenkolben *p* verbunden sind. *e* ist eine Geradführung für die letzteren. Der eigentliche Pumpenkörper enthält ein Saugventil *a* und ein Druckventil *b*, deren Ventilkörper ebenen oder konischen Sitz mit Rippenführung erhalten. Die Druckkanäle sind aus dem Massiven gebohrt, die notwendigen Hilfskanäle werden nachher verschraubt. Ein sorgfältig abgedichteter Plunger *c*, welcher in das Gestänge (s_1—s_5) mit den fixen Drehpunkten k_1 k_2 eingreift und durch die Gewichte *q* mit einer dem Maximaldruck entsprechenden Kraft emporgehalten wird, bewirkt, sobald der Druck im Druckrohr *d* die erlaubte Grenze überschreitet, durch seine Abwärtsbewegung, daß das Saugventil mittels der Stange s_3 hochgehoben und dadurch die Pumpe trotz der Weiterbewegung des Kolbens außer Tätigkeit gesetzt wird. Arbeiten, wie in der dargestellten Konstruktion, mehrere Kolben (1—3) mit gleichem Druck, so können die Kolben *c* mit einem gemeinsamen Gestänge und mit einem gemeinsamen Gewichte versehen werden. Pemsel zieht es vor, jeden einzelnen Kolben mit der Auslösungsvorrichtung zu versehen, wodurch erreicht wird, daß das Speisewasser-Quantum beliebig vermindert oder erhöht werden kann, da man jeden Kolben einzeln ausschalten kann. Soll ein Pumpenkolben bereits bei einem niederen Druck seine Tätigkeit einstellen (siehe oben), so muß natürlich die Belastung dementsprechend verringert und die Abwärtsbewegung des Pistons bei weiter erhöhtem Druck durch ein Widerlager *f* begrenzt werden. Das Druckventil *b* und der Piston *c* müssen den vollen Druck aushalten können, da das Druckwasser aus den auf höheren Druck arbeitenden Kolben natürlich auch durch das Rohr *d* bis zu den Teilen *b* und *c* dringt. Sobald der Druck in der Leitung *d*

wieder unter ein gewisses Maß gesunken ist, dessen Größe durch das Gewicht p bestimmt ist, wird der Piston c gehoben, die Stangen s_3 und s_4 senken sich, dadurch kommt das Saugventil a wieder auf sein Lager aufzusitzen und die Pumpe beginnt zu arbeiten.

Die Pumpen sind mittels einer starken Brücke auf oder unmittelbar über dem aus Schmiede- oder Gußeisen hergestellten Wasserreservoir w gelagert, aus welchem sie durch die Saugrohre i das filtrierte Wasser entnehmen. F. Pemsel bringt die Pumpen möglichst tief an, um größere Stabilität, sowie längere Exzenterstangen, nach den Seiten weniger beanspruchte Geradführungen und leichteren Gang zu erzielen. Das Druckrohr wird noch mit einem Mano-

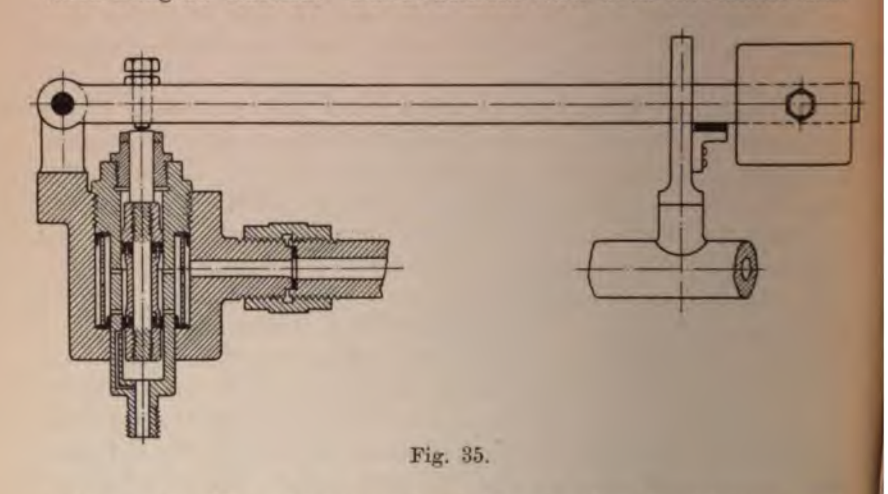


Fig. 35.

meter m versehen, F. Pemsel schaltet in die Druckleitung noch ein Sicherheitsventil mit Differentialkolben (Fig. 43) ein, um übermäßiger Drucksteigerung vorzubeugen (D. R. G. M. 22980).

In neuerer Zeit bauen die Firmen Ganz & Co., C. Dengg & Co. und andere auch Preßpumpen, welche liegend angeordnet sind. Die Figur 36 zeigt eine solche Preßpumpe mit drei Kolben. Die Pumpenkonstruktion selbst ist ähnlich der vorigen, nur sind infolge der veränderten Bauart die beiden Ventile vertikal übereinander angeordnet. Die drei Stiefel haben ein gemeinsames Gestänge für die Druckregulierung, welche nicht durch Gewichte, sondern durch Federn bewirkt wird. Diese Konstruktion zeichnet sich durch kompendiöse Bauart und große Stabilität aus.

Außer diesen Pumpen mit Riemenantrieb werden auch solche mit direktem Dampfantrieb gebaut. J. C. Braun ordnet die Konstruktion liegend an. Die Kolben werden von einer gemeinsamen

horizontalen Achse aus angetrieben, an deren beiden Enden die Kurbelscheiben der Zwillingsdampfmaschine angeschmiedet sind. Die Pumpen selbst sind wie oben angegeben eingerichtet. Auf beiden Seiten derselben liegen die Zylinder der Dampfmaschine. Die Dampfmaschine wie die Pumpen sind auf einem kräftigen Fundamentrahmen montiert, welcher zugleich als Wasserreservoir dient.

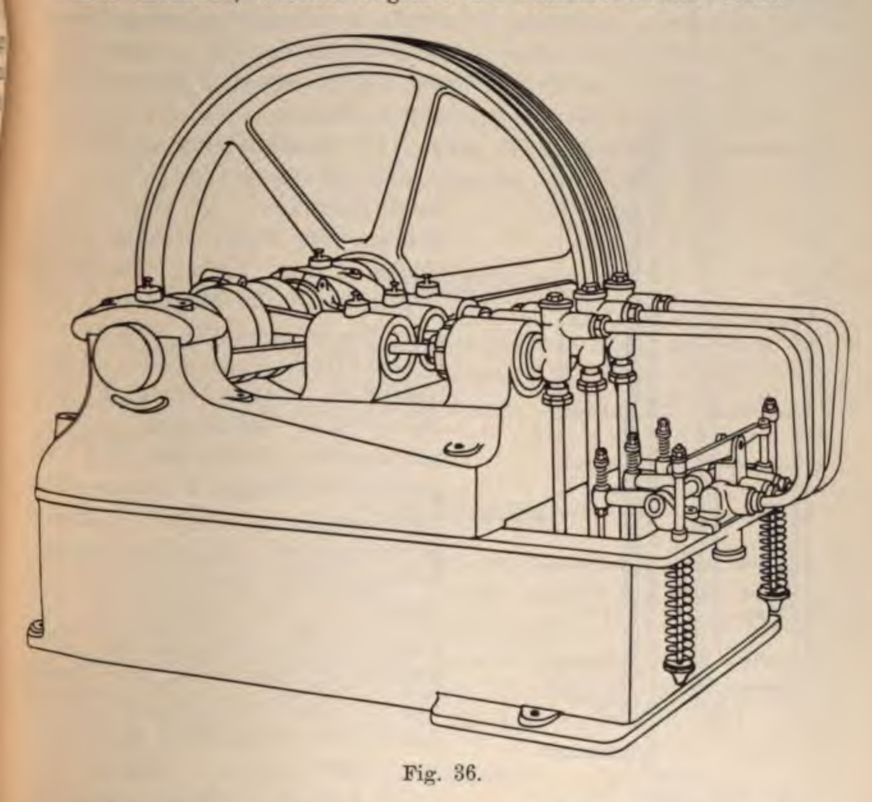


Fig. 36.

C. Dengg & Co. bauen ebenfalls direkt mit Dampf angetriebene Pumpen liegender Konstruktion (nach dem System Worthington). Die Kolben der Dampfzylinder und der Preßzylinder stecken an derselben Führungsstange, und es erfolgt daher der Antrieb direkt ohne Vermittelung einer Kurbelwelle. Der Plungerdurchmesser beträgt von 12 bis zu 80 mm, die minutliche Leistung 4—200 Liter.

Die Dampfpreßpumpen haben den Vorteil der leicht regulierbaren Tourenzahl und der bequemen Zugänglichkeit der Bestandteile, erfordern aber eine aufmerksame Bedienung.

Bezüglich des verwendeten Wassers ist zu bemerken, daß das-

selbe nicht mit Substanzen, welche Metalle angreifen, verunreinigt sein darf. Insbesondere ist auf vollkommene Klarheit des Wassers Gewicht zu legen, da bei den hohen Arbeitsdrucken die kleinsten festen Teilchen eine stark schleifende Wirkung ausüben. Man wird deshalb nötigenfalls einen größeren Bottich mit Sandfilter anbringen, um das Speisewasser für die Pumpen zu klären.

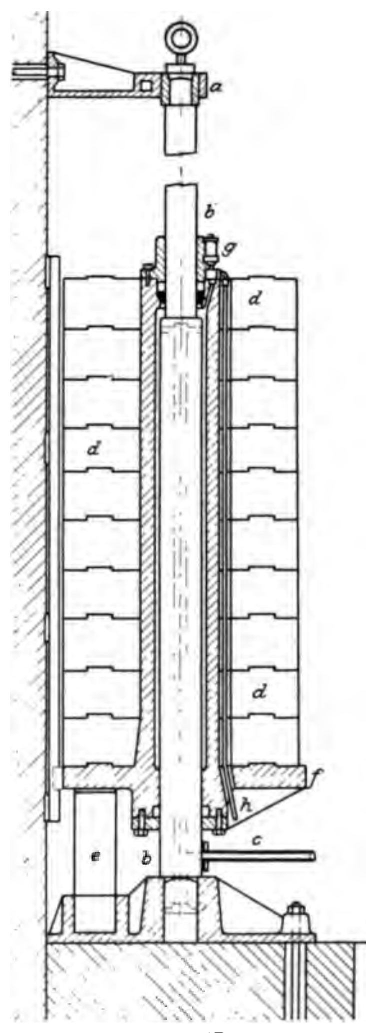


Fig. 37.

Die Einschaltung eines Gewichts-Akkumulators[1]) wird in Kohlenfabriken nur selten ausgeführt. Die Figur 37 zeigt einen solchen der Firma Breitfeld, Daněk & Co. im Maßstabe 1:40. Das Druckwasser tritt bei *c* in den hohlen Kolben *b*, strömt durch denselben nach oben und tritt durch zwei Seitenkanäle in den zylindrischen Hohlraum des mit gußeisernen Ringen *d* beschwerten Eisenkörpers *f*, welcher dadurch gehoben wird. In seiner tiefsten Stellung ruht derselbe auf drei Säulen *e*, von welchen in der Figur nur eine sichtbar ist. Der Kolben *b* sitzt unten in einem Lager, seine Verlängerung *b'* wird durch den Wandarm *a* festgehalten. Der Körper *f* schleift bei seiner Auf- und Abwärtsbewegung auf einer an der Wand befestigten Führungsleiste. Die Gesamthöhe des Apparates ist $6\frac{1}{4}$ m. Der Wasserraum des Akkumulators ist mit einem Entlüftungsventil *g* nebst Wasserablauf *h* versehen.

Die Anordnung der ganzen Preßanlage stellt sich folgendermaßen dar: von einer langen Antriebswelle aus werden die neben-

[1]) Karmarsch-Heerens techn. Wörterbuch 1884. VII. Bd. S. 46. Herm. Fischer, Die Werkzeugmaschinen. 1900. S. 618 ff.

einander stehenden Pumpen, deren Zahl so groß sein muß, daß eine derselben zur Reserve dient, angetrieben. In die Wasserkästen führt von einem seitlich stehenden Reservoir (mit Filtervorrichtung) eine Wasserleitung zur Füllung der ersteren. Die Druckwasserleitungen vereinigen sich in einem gemeinsamen Rohr, von welchem die einzelnen Leitungen zu den Steuerventilen und den hydraulischen Pressen abzweigen. Diese Anordnung ermöglicht es, mit jeder Pumpe jede beliebige Presse betreiben zu können. Von jeder Presse führt eine Rückleitung für das Wasser entweder in das Wasserreservoir oder zu dem nächststehenden Pumpenkasten.

In ganz derselben Weise werden die im folgenden besprochenen hydraulischen Pressen mit Druckwasser versorgt.

V. Formgebung.

Nachdem die Kohlen-Teermischung auf den Vorpressen in die Gestalt handlicher zylindrischer Stücke gebracht wurde, erfolgt nunmehr die eigentliche Formgebung, welche im folgenden besprochen sei.

1. Lichtkohlen.

Da dieselben zumeist zylindrische Gestalt besitzen, werden sie auf hydraulischen Strangpressen hergestellt. Die von der Presse gelieferten langen Stränge werden gleich an Ort und Stelle auf passende Länge abgeschnitten, eventuell gespitzt, und behufs Einführung in den Glühofen in Bündel gepackt. Die einzelnen Prozeduren werden in folgender Weise ausgeführt:

a) Pressen.

Gewöhnlich werden Horizontalpressen verwendet.

α) Presse mit fixem Kolben und beweglichem Zylinder (C. Dengg & Co.).

In der Figur 38 ist dieselbe im Durchschnitt dargestellt.

Die Presse besteht aus zwei gußeisernen Teilen *A* und *B*, welche durch die beiden stählernen Wellen *w* mit Hilfe der Muttern *m* und der Ringe *r* fest miteinander verbunden sind. Der größere, rückwärtige Teil *B* enthält den Wasserzylinder, in welchem der Kolben *k* mit Hilfe der Ledermanschetten *l* wasserdicht sich bewegt. Der Kolben ist aus galvanisch verkupfertem Eisen oder ganz aus Kupfer oder Messing gefertigt. Durch das Rohr *a* tritt aus dem Sperr-

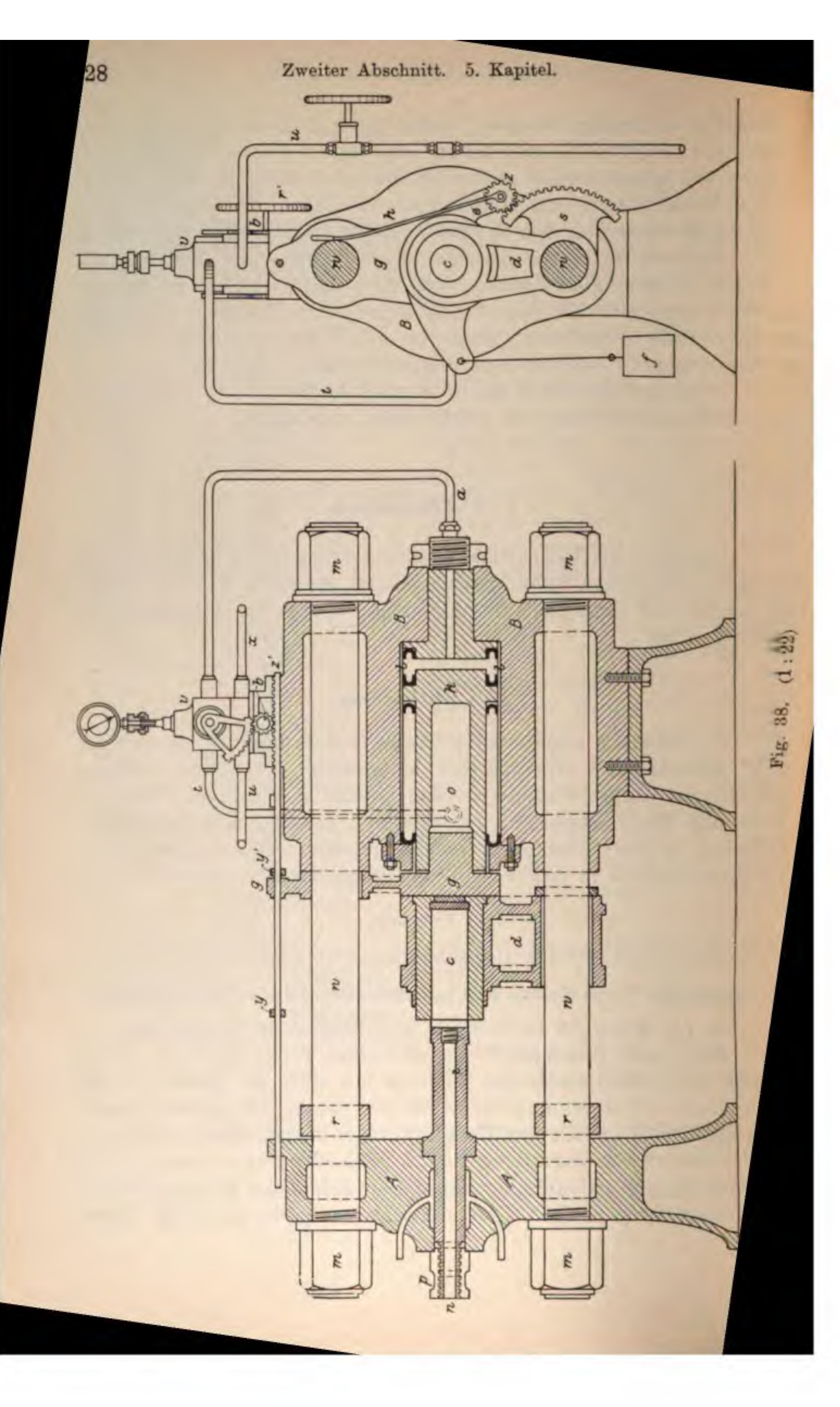


Fig. 38. (1:22)

ventil *v* das Druckwasser ein, während es durch die Öffnung *o* abfließen kann. Mit dem Kolben fest verbunden ist das Gußstück *g*, welches auf den beiden Kolonnen *w* schleift und an seinem unteren Teile ein Zahnsegment *s* trägt. An dieses Gußstück schließt sich der Preßzylinder *c*, welcher mit Hilfe des Teiles *d* auf der unteren Kolonne gleitet. Der Preßzylinder trägt einen durchlochten Ansatz *e*, an welchem sich ein Zahnrad *z* befindet, das in das oben erwähnte Zahnsegment eingreift. Mittels dieser beiden Teile läßt sich der Preßzylinder um die untere Kolonne *w* herausdrehen, so daß die Kohlenpatrone in denselben eingeführt werden kann. Zur Ausführung dieser Bewegung dient der Hebel *h*. Ein Gegengewicht *f* dient zur leichteren Rückbewegung des Zylinders.

Am vorderen Teil der Preßmaschine ist der durchlochte Kolben *i* befestigt, dessen Durchbohrung sich bis zur Öffnung *n* fortsetzt. Ein mit Dampf heizbarer Raum umgibt einen Teil dieses Kanals, um die Kohlenmasse plastischer zu machen.

Die Öffnung des Kanals *n* trägt außen ein Gewinde, auf welches die Mutter *p* paßt und die Mundstücke *m* (Fig. 39) welche je nach den Dimensionen verschieden gelocht, stets aber mit einem Übergangskonus *u* versehen sind, an der Presse festhält. Sollen Dochtkohlen hergestellt werden, so wird in der in Fig. 39 angedeuteten Weise ein Dorn *d* eingesetzt, welcher mit Hilfe des Ringes *r* und der drei im Querschnitt zweieckigen Streben *s* zentrisch im Mundstück *m* befestigt wird. Die Dimensionen des Mundstückes und des Dornes müssen natürlich größer sein, als diejenigen der fertigen Kohle sein sollen. Die Schwindemaße der Kohlenmassen sind schon früher angegeben worden; die Mundstücke und Dorne sind daher für jede Kohlenmischung eigens zu dimensionieren, woraus sich die Notwendigkeit ergibt, möglichst wenig verschiedene Mischungen in Anwendung zu bringen. Wegen der stark schleifenden Wirkung der Kohlenmasse werden die Dorne und Mundstücke aus bestem Stahl gefertigt, da ihre Ausmessungen sich sonst rasch ändern.

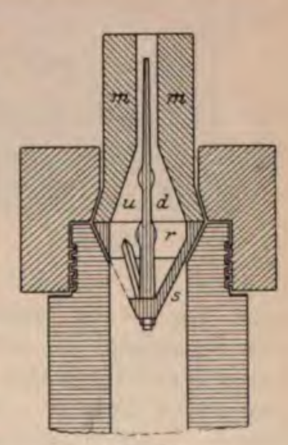


Fig. 39.

Nach Jehl ist die Abnutzung so stark, daß die Mundstücke, nachdem 80—100 000 m Kohlen durch sie hindurchgepreßt wurden, ihr Lumen bereits so stark geändert haben, daß sie nur mehr für

Kohlen von größerem Durchmesser geeignet sind. Nach Ornstein wird jedoch schon nach dem Durchpressen von 8—10000 m Kohlen das Lumen eines Mundstückes aus bestem Stahl um circa $^1/_2$ mm im Dm. vergrößert. Ähnliches gilt für die Dorne. Mundstücke und Dorne müssen daher aus bestem Stahl hergestellt werden. Manche Fabrikanten bringen vor dem Mundstück ein Rädchen an, welches an seinem Umfang die Marke, Firma u. s. w. in erhabener Schrift trägt. Beim Austreten des Kohlenstranges aus der Presse drückt sich fortlaufend die Gravierung auf die Kohle ab.

Der Wasserzu- und -abfluß wird mit Hilfe der auf dem Wasserzylinder befindlichen Ventilsteuerung bewerkstelligt. Der Teil *g* stößt bei seiner vor- oder zurückgehenden Bewegung gegen die Ansätze *y y'*, wodurch die Zahnstange *z'* bald nach links, bald nach rechts geschoben wird. Dadurch wird das Zahnrädchen *b* und mit Hilfe dessen das darüber befindliche Zahnsegment gedreht, welches in die Ventilsteuerung eingreift und dadurch die Ventile verschiebt (s. unten). Das Rädchen *b* kann auch mit Hilfe des Handrades *r'* bewegt und dadurch die Umsteuerung des Druckwassers in jedem beliebigen Moment ausgeführt werden.

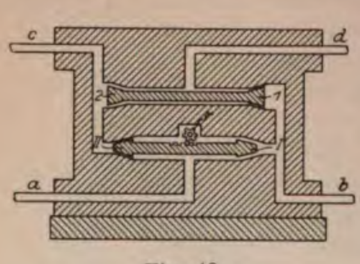


Fig. 40.

Eine Steuerungsvorrichtung ähnlich der in Fig. 38 angedeuteten zeigt Fig. 40 im Durchschnitt. Das Druckwasser tritt bei *a* in den Sperrstock ein und gelangt zwischen die Ventile I und II, deren Verbindungsstück gezahnt ist; in diese Verzahnung greift ein von außen drehbares Rädchen *r* ein, wodurch das eine oder das andere Ventil geschlossen werden kann. In der gezeichneten Stellung strömt die Druckflüssigkeit beim Ventil I vorbei und durch *b* in den Wasserzylinder. Das zur vorhergehenden Rückbewegung des Kolbens benötigte Wasser wird gleichzeitig aus dem Wasserzylinder in das Rohr *c* getrieben, tritt durch das offene Ventil 2 nach *d* und strömt ins Wasserreservoir. Werden die Ventile I und II durch Drehung des Rädchens *r*, welche automatisch von der Presse oder durch Drehung eines Handrades (s. die vorige Figur) bewirkt werden kann, umgestellt, so strömt das Druckwasser durch II nach *c* und bewirkt den Rückgang des Kolbens im Wasserzylinder, während das hinter dem Kolben befindliche Wasser durch *b* und das Ventil 1 ins Rohr *d* abströmt.

β) Horizontalpressen mit beweglichem Kolben (Nürnberger Typus).
Presse von J. C. Braun. Fig. 41 u. 42.

Das Konstruktionsprinzip ist ein ähnliches wie bei der vorher beschriebenen Presse. Die innere Einrichtung (Ausfütterung des Wasserzylinders mit Bronze, Überzug des Kolbens mit Kupfer,

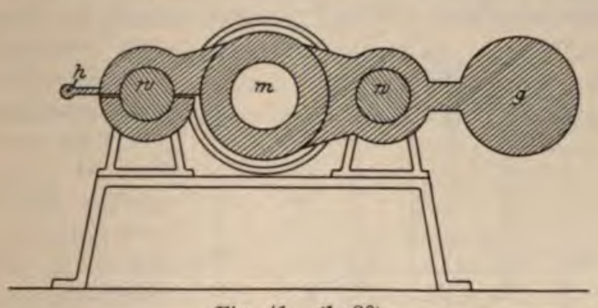


Fig. 41. (1 : 30)

Manschettendichtung u. s. w.) ist so wie dort. Die wesentlichen Abweichungen sind folgende: Der Materialzylinder *m* ist um die eine der beiden Stahlwellen *w* drehbar und durch das Gegen-

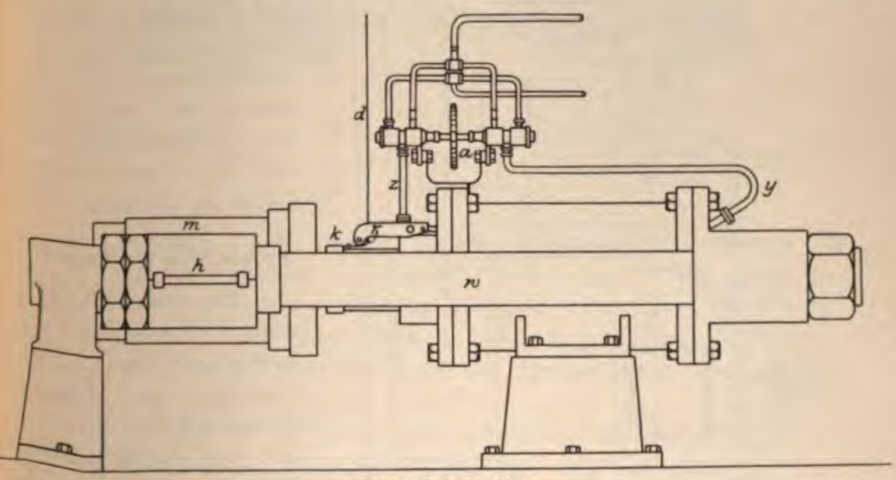


Fig. 42. (1 : 30)

gewicht *g* ungefähr ausbalanziert, so daß er behufs Füllung mit Material emporgehoben werden kann, was noch durch die Handhabe *h* erleichtert wird. Der bewegliche Preßkolben *k* trägt an seinem etwas vorragenden Kopfende eine Öse, durch welche der

Draht *d* gezogen wird. Derselbe geht über eine kleine Rolle *r* und bewegt ein Gleitstück (in der Figur nicht gezeichnet), welches zwischen zwei Führungsleisten sich bewegt und in seiner höchsten und tiefsten Stellung einen Metallkontakt berührt, welcher eine elektrische Klingel in Tätigkeit versetzt. Dadurch wird der Arbeiter in Kenntnis gesetzt, daß der Preß- resp. Wasserkolben am Ende seines Hubes angelangt ist, und schaltet mittels des Handrades *a* den Wasserzufluß um. Die Konstruktion des Steuerungsmechanismus folgt unten. Endlich ist noch zu bemerken, daß Wasserzu- und -abfluß *y*, *z* exzentrisch angeordnet sind. Nachteile dieser Presse sind die unbequeme Manipulation, namentlich aber der Mangel einer automatischen Umsteuerung. Wenn die elektrische Klingel versagt, oder der Arbeiter unachtsam ist, kann die Maschine schwer beschädigt werden. Sie ist daher wenig mehr im Gebrauch.

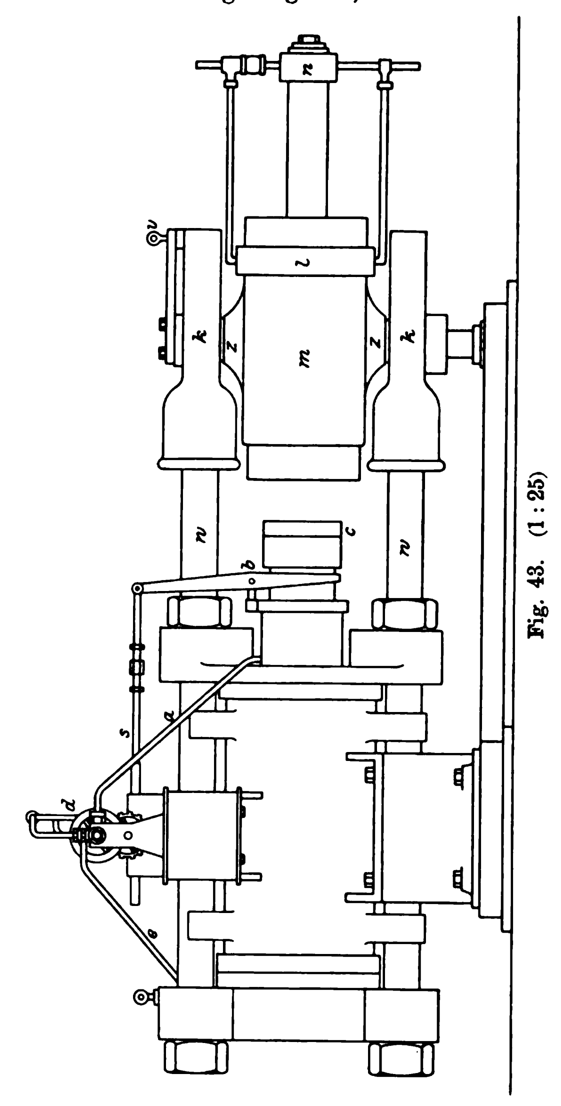


Fig. 43. (1 : 25)

Presse von F. Pemsel.

Die innere Einrichtung ist so wie bei den bereits erwähnten Systemen. In einigen Punkten ähnelt die Bauart der Denggschen. Wie dort sind die Kolonnen *w* übereinander angeordnet. Jedoch sind dieselben an ihrem rechten Ende in zwei ungefähr scheiben-

förmige Körper *k* eingeschraubt, welche eine zentrale Bohrung besitzen. In derselben sind die beiden Zapfen *z* des Materialzylinders *m* drehbar, so daß derselbe behufs Füllung um eine Vertikalachse gedreht werden kann, welche Anordnung den früher erwähnten vorzuziehen ist. Ein Hebel mit Vorstecker *v* fixiert den Materialzylinder in der für den Preßprozeß notwendigen Stellung. Die rechte Seite des Zylinders *l* sowie der Teil *n*, in welchen die Mundstücke eingesetzt werden, ist mittels Dampfes heizbar (ähnlich wie bei der Denggschen Konstruktion). Der Ein- und Austritt *e*, *a* des Druckwassers sind exzentrisch. Der Steuerungsmechanismus

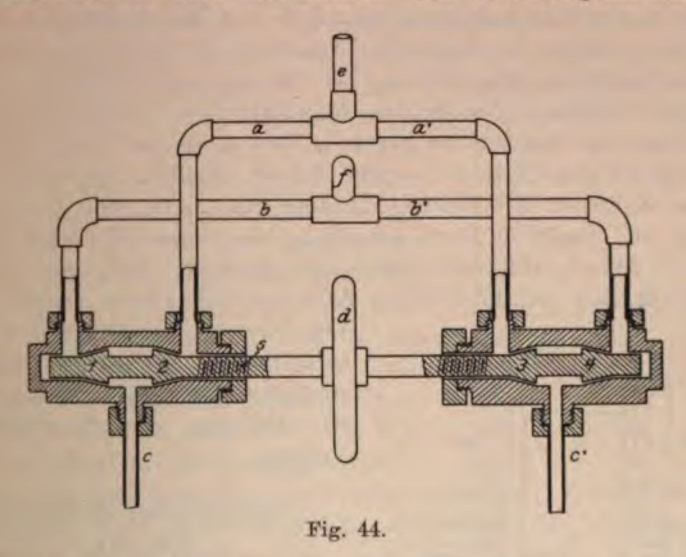


Fig. 44.

wirkt selbsttätig. Der Antrieb für die Umstellung der Ventile ist durch eine Zahnstange *s* vermittelt, welche durch einen um das Lager *b* drehbaren Hebel verschoben wird. Der Hebel selbst wird, soweit aus den mir zugänglichen Zeichnungen ersichtlich, dann bewegt, wenn der verstärkte Kopf des Preßplungers *c* nahe seiner äußersten Stellung links sich befindet.

In Fig. 44 ist die Umsteuerungsvorrichtung der Nürnberger Pressen dargestellt. Die vier Ventile 1—4 sind an einer gemeinsamen Achse derart angebracht, daß 1 und 3, 2 und 4 gleichzeitig geöffnet oder geschlossen werden. Die Bewegung erfolgt mit Hilfe der Schrauben *s* und des Rades *d*, welches mit der Hand, oder wie bei der Pemselschen Presse, mit Hilfe einer Zahnstange gedreht wird. Der Eintritt des Druckwassers erfolgt durch das Rohr *e*. Ist nun z. B. Ventil 1 und 3 geschlossen, so strömt das

Druckwasser durch die Röhre *a* und das Ventil 2 in das Rohr *c* und von diesem zum Wasserzylinder der Presse. Das Abwasser hingegen wird durch das Rohr *c'*, das Ventil 4 und die Röhren *b'* und *f* ins Wasserreservoir getrieben. Stellt man die Ventile um, so strömt das Druckwasser durch *a'*, Ventil 3 und Rohr *c'* in den Wasserzylinder, während das Abwasser über *c*, Ventil 1 und Rohr *b* in die Leitung *f* abfließt.

Pressen mit zwei Materialzylindern.

Die Nürnberger Fabriken bauen auch doppelt wirkende Pressen, welche in der Weise gebaut sind, daß der Wasserzylinder in der Mitte steht und zu beiden Seiten desselben sich die beiden Materialzylinder befinden. Der Plunger ist für alle drei Zylinder gemeinsam. Der Abstand der beiden Materialzylinder ist in Bezug auf die Länge des Plungers so gewählt, daß z. B. der linke Preßkopf den zugehörigen Zylinder schon früher verläßt, bevor der im rechten Zylinder arbeitende Preßkopf am Ende des Hubes angelangt ist. Dadurch ist es möglich, den linken Materialzylinder schon zu füllen, während der rechte noch in Tätigkeit ist, wodurch ein fast kontinuierliches Arbeiten der Presse erzielt wird. Die innere Einrichtung des Wasserzylinders, sowie des Umsteuerungsmechanismus ist die gleiche wie bei den einfach wirkenden Pressen.

Fig. 45. (1 : 24)

γ) **Vertikalpresse** (**J. Pritchard**) (Fig. 45).

Dieselbe sei der Vollständigkeit halber kurz erwähnt. Die Fig. 45 stellt einen Schnitt dar. Die Pressung erfolgt von oben nach unten. Der Kolben *k* wird durch Wasserdruck abwärts geschoben; in demselben ist der Preßpiston *a* mit Hilfe des Keiles *e* befestigt. Kolben und Piston sind durch die bei *b'* befestigten Ketten an den Rollen *r* aufgehängt und durch die gußeisernen Gewichte *f* nahezu ausbalanciert. Mittels der Schraube *b* ist die

Scheibe *c* so an dem Preßpiston befestigt, daß eine schmale Nut *d* sich ergibt, in welche man vor dem Preßprozeß etwas schweres Mineralöl einstreicht, wodurch die Reibung im Zylinder *l* vermindert wird. Dieser Zylinder muß sehr gut auf seiner Unterlage *m* fixiert sein, damit der Preßpiston *a* beim Preßprozeß sich nicht festklemmen kann. Die dem Druck ausgesetzten Teile sind aus Stahl gefertigt. Der Kolben des Wasserzylinders hat 12 engl. Zoll Durchmesser, der Preßpiston 8 Zoll, das Material wird etwa 10 Zoll hoch in den Massezylinder *l* eingefüllt. Soll der Druck nicht über 200 Atmosphären betragen, so können die Zylinder auch aus Gußeisen gefertigt werden. Die Rückwärtsbewegung des Kolbens wird durch die Gegengewichte *f* unterstützt. Die Masse wird durch die Öffnung *o* herausgepreßt. In die letztere wird ein entsprechendes Mundstück in einer nicht näher beschriebenen Weise eingesetzt. In der Figur 46 ist dieses Mundstück, welches im wesentlichen dem oben beschriebenen ähnlich ist, im Schnitte dargestellt. *a* bedeutet die Zylinderwände, *e* ein lose eingesetztes Metallstück, in welches das eigentliche Mundstück *c* und, falls Dochtkohlen gepreßt werden sollen, der Dorn *g* mit seinen 4 Streben *d* (in der Figur sind nur zwei sichtbar) eingepaßt werden. Die Streben haben auch hier, um dem Material beim Durchgang weniger Widerstand entgegenzusetzen, einen zweischneidigen Querschnitt oder sind gegen oben zu scharfkantig. Hauptsache ist, daß der Dorn zentral in der Höhlung *h* sitzt. Der Metalleinsatz *e* mit der ringförmigen Ausnehmung *m* hat den Zweck, das Mundstück, falls es nötig ist, dadurch aus dem Zylinder zu entfernen, daß man eine passende Kupferröhre in die Nute *mm* steckt und durch Hammerschläge *e* samt den übrigen Teilen lockert, ohne daß dadurch das Mundstück leidet.

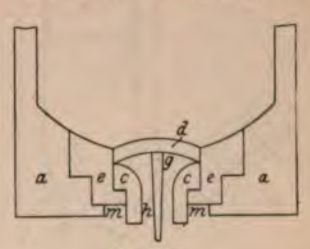


Fig. 46.

Presse und Mundstück sind entschieden weniger praktisch als die vorhin erwähnten Konstruktionen.

δ) Pressen, mit welchen Kohle und Docht zugleich gepreßt wird.

Anhangsweise seien noch jene Pressen erwähnt, welche, speziell für Lichtkohlen bestimmt, zu gleicher Zeit die eigentliche Kohle und den sogenannten Docht (s. S. 8), d. h. den im Innern der Kohle befindlichen, aus anderem Material hergestellten zylindrischen

Strang zu pressen gestatten. Es sei gleich bemerkt, daß derlei Pressen keine weitere Verbreitung gefunden haben.

Eine ältere Konstruktion von Mignon und Ronart[1]) ist in der Fig. 47 dargestellt, welche ohne weiteres verständlich ist. Die beiden Kolben *K* und *k* pressen die pastosen Kohlenmassen durch die Kanäle *M* und *m* und bei dem Mundstücke *n* in der Weise heraus, daß sich der äußere Kohlenstrang konzentrisch um den inneren legt.

C. Braun in Nürnberg[2]) preßt Docht und Kohle zugleich. Ein fester Dochtkern wird zugleich mit einer scheidenförmigen Kohle fortbewegt. Derselbe wird getrennt in das Innere einer an der Presse angebrachten Docke eingeführt, so daß er ein wenig über diese Docke in die Kohlenmasse hineinragt. Die Kohlenmasse, welche sich rund um die Docke unter der Wirkung des Preßkolbens ausbreitet, bewegt sich der Auslaßöffnung der Presse zu und nimmt gleichzeitig eine der kegelförmigen Spitze der Docke entsprechende Gestalt an, indem sie einen hohlen Körper bildet, dessen Querschnitt beständig abnimmt, bis sie an der Spitze der Docke den Dochtkern umgibt und ihn mit sich in das Mundstück der Kohle hineinzieht, worin die Formung der Kohle sich vollendet. In ähnlicher Weise kann auch ein fester Kern mit mehreren konzentrischen Hüllen versehen werden.

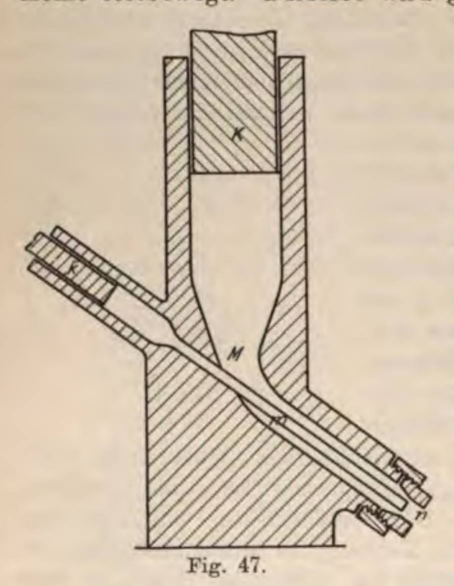


Fig. 47.

Das gleichzeitige Pressen von Docht und Kohle bietet den Vorteil, daß man einen besonderen Dochtprozeß erspart. Dieser Vorteil wird jedoch durch die Kompliziertheit der Preßkonstruktion aufgewogen. Außerdem ist bei den jetzt gebräuchlichen Dochtmischungen eine so starke Erhitzung wie sie im Glühofen stattfindet (13—1400° C.), nachteilig, vielmehr genügt ein Trocknen bei 100—150°. Da endlich die Schwindemaße der Kohlen- und der

[1]) Urbanitzky, Das elektr. Licht. Hartleben 1890.
[2]) Engl. Pat. 11779 von 1892, Dingl. polyt. Journ. 291, 168.

Dochtmasse verschieden sind, so sprengen entweder die derartig eingeführten Dochte die Kohlenstifte beim Glühen oder sie sitzen nach dem Brennen so locker, daß sie leicht herausfallen.

Über die Form der Lichtkohlen ist noch folgendes zu bemerken. In der Regel sind sie gerade Stäbe von kreisförmigem Querschnitt (Fig. 48, 1). Früher, als man die Lichtkohlen aus Holz- oder Retortenkohle sägte, gab man ihnen wohl auch viereckigen Querschnitt. Der Durchmesser beträgt meist zwischen 5 und 40 mm. Kohlen mit ovalem Querschnitt werden ebenfalls hier und da angewendet (Fig. 48, 2). Für Kohlen von großem Durchmesser, welche durch starke Ströme erhitzt werden sollen, werden auch Kohlenstifte von sternförmigem Querschnitt (Fig. 48, 5) und einem Durchmesser bis zu 60 mm angefertigt (Société Le Carbone, Paris). Ist der Querschnitt der Kohle unsymmetrisch (s. unten), so stellen sich dem Pressen gerader Stränge Schwierigkeiten entgegen, da infolge der ungleichen Druckverteilung die Kohlenstränge beim Austritt aus der Presse die Tendenz haben, sich zu krümmen. Andere Querschnittsformen sind öfters aufgetaucht, haben sich aber nicht bewährt. So hat z. B. die amerikanische Firma The open Arc Co. in Newyork Kohlenstifte[1]) angefertigt (Fig. 48, 6), welche eine tiefgehende Längsnut haben, so daß die Kohlen den Querschnitt eines Kreises zeigen, aus welchem ein schmaler Sektor ausgeschnitten erscheint. Diese Kohlen sollen gleich den Dochtkohlen einen ruhigen Lichtbogen bilden, an Leuchtkraft ihnen aber überlegen sein (?). Ferner hat man, die Jablochkoffkerze nachahmend, die Kohlen konzentrisch angeordnet, so daß die äußere Kohle als Röhre, die innere als Stab ausgebildet und beide durch eine dünne Asbestschicht isoliert erscheinen (Fig. 48, 3). Diese Anordnung ist wegen des Kreiselns des Lichtbogens unbrauchbar.[2]) Eine andere Anordnung, welche darauf abzielt, die Brenndauer der Kohlen zu verlängern, hat sich Cabiran patentieren[3]) lassen. Er umgibt jede Kohle mit einem zugleich mit ihr abbrennenden Kohlenrohr; der

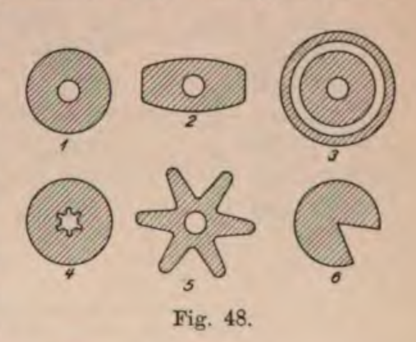


Fig. 48.

[1]) Zeitschrift f. Elektrotechnik. 1889. V.
[2]) Elektrotechn. Zeitschrift 1898. 19.
[3]) D. R. P. 81386.

zwischen beiden befindliche Raum füllt sich mit Verbrennungsgasen der Kohle, wodurch die weitere Verbrennung derselben beschränkt werden soll. Die Berliner Patent-Verwertungs-Gesellschaft benutzt für Lampen mit abgeschlossenem Lichtbogen (Sonja-Dauerbrandlampe) halbkreisförmig gekrümmte Kohlenstäbe, um das Licht nach unten fallen zu lassen, ebenso M. Schmitt.[1]) Solche Kohlen müssen in geschlossenen Formen gepreßt werden wie Batteriekohlen.

Der Kanal der Dochtkohlen ist in der Regel von kreisförmigem Querschnitt. Zwischen dem Durchmesser der Kohle und dem des Dochtkanals muß natürlich ein bestimmtes Verhältnis bestehen. Man kann etwa folgende Dimensionen anwenden:

Für Gleichstrom.		Für Wechselstrom	
Durchmesser der Kohle	Durchmesser des Dochtkanals	Durchmesser der Kohle	Durchmesser des Dochtkanals
5— 7 mm	2 mm	8 mm	3,7 mm
8—10 „	2,7 „	9 „	3,8 „
11—13 „	3 „	10 „	3,9 „
14—16 „	3,4 „	11 „	4 „
17—20 „	3,8 „	12 „	4,2 „
21—25 „	4,2 „	13 „	4,3 „
25—30 „	4,7 „	14 „	4,4 „
		15 „	4,4 „
		16 „	4,5 „
		18 „	4,7 „

Für dickere Kohlenstifte wenden manche Fabrikanten (z. B. Gebr. Siemens) Dochtkanäle von sternförmigem Querschnitt an (Fig. 48, 6).

Der Durchmesser des Mundstückes und des Dornes muß etwas größer sein als derjenige der fertigen Kohlen, da die Kohlen beim Glühprozeß etwas schwinden. Das Schwindemaß in der Länge und im Durchmesser ist nicht immer dasselbe, seine Größe wurde gleich bei Angabe der Mischungen mitgeteilt. Die Gestalt der Kohle, die Glühtemperatur und der Gehalt an Teer, Teerruß und Backkohle beeinflußen sehr die Größe der Zusammenziehung. Die vorher angegebenen Zahlen[2]) beziehen sich auf eine Glühtemperatur von Segerkegel 12 bis Segerkegel 18.

Die aus der Presse austretenden Stränge gleiten auf einer Metallschiene entlang, damit sie sich nicht krümmen; längs der

[1]) D. R. P. 93724.
[2]) Siehe Seite 106.

Schiene läuft eine geneigte Tischplatte, über welche die einzelnen Stränge hinabrollen und in einen passenden Behälter gelangen.

Endlich ist noch zu bemerken, daß Kohlen, welche nicht gerade, sondern irgendwie gekrümmt sein sollen, nicht in Strangpressen, sondern in den weiter unten zu besprechenden Formpressen hergestellt werden müssen, was natürlich Arbeit und Preis erhöht.

b) Abschneiden.

Die Stränge des Kohlenmaterials, wie sie aus der Presse austreten, müssen auf bestimmte Längen abgeschnitten werden. Manche Fabrikanten schneiden die Kohle gleich nach dem Pressen in Stücke von solcher Länge, wie sie die fertigen Kohlenstifte haben

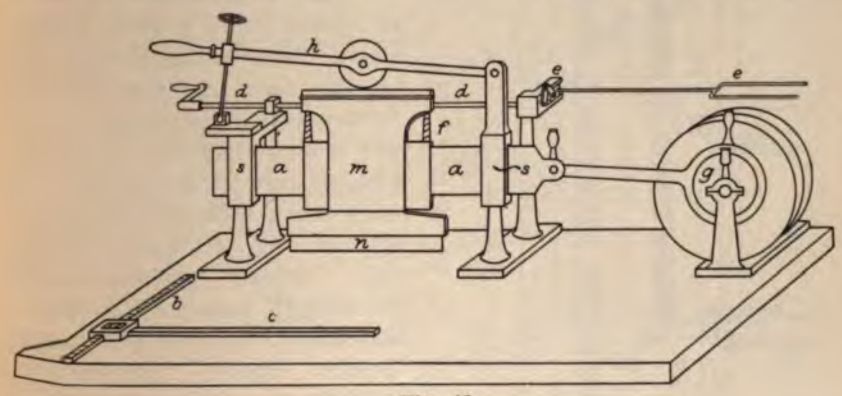


Fig. 49.

sollen. Besser ist es jedenfalls, möglichst lange Stäbe herzustellen und diese erst nach dem Brennen in Stücke von gewünschter Länge zu zerschneiden. Das Brennen langer Stäbe kann nur in Tiegeln vorgenommen werden (s. u.). Das Abschneiden wird meist mit der Hand gemacht mit Hilfe von Metallstäben entsprechender Länge, welche als Lehren dienen. Einen kleinen, recht tauglichen Apparat zum Abschneiden der Lichtkohlen zeigt Fig. 49. Auf den zwei Ständern *s* schleift das Metallstück *a*, welches durch den Exzenter *g* bewegt wird, hin und her. Auf demselben sitzt mittels der beiden Federn *f* die Metallplatte *m*, welche in zwei Nuten in vertikaler Richtung verschiebbar ist und an ihrer unteren Kante das Schneidemesser *n* trägt. Ein Hebel *h* mit Laufrad gestattet, während der hin- und hergehenden Bewegung des Apparates das Messer nach abwärts zu drücken, wodurch die Kohlenfäden gleichzeitig gedreht und geschnitten werden. Ein Maßstab *b* und ein

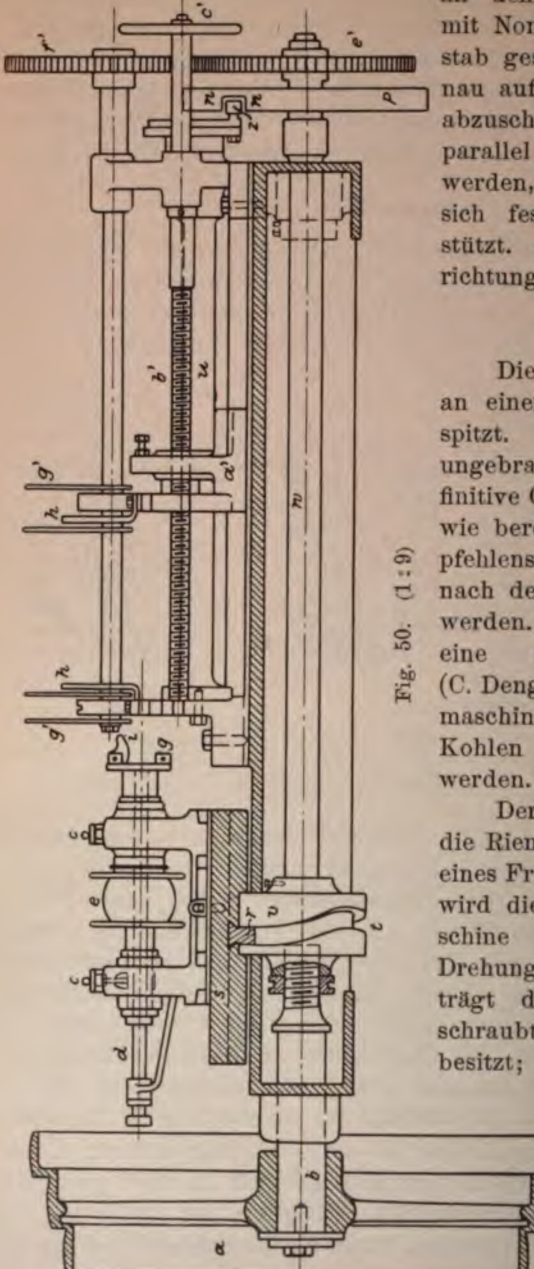


Fig. 50. (1:9)

an demselben verschiebbarer, mit Nonius versehener Metallstab gestatten, die Kohlen genau auf eine bestimmte Länge abzuschneiden, indem dieselben parallel auf den Tisch gelegt werden, so daß ihr eines Ende sich fest gegen den Stab *c* stützt. *de* ist eine Ausrückvorrichtung für den Riemen.

c) Spitzen.

Die Lichtkohlen werden an einem Ende konisch zugespitzt. Sollen die Kohlen im ungebrannten Zustande ihre definitive Gestalt bekommen, was, wie bereits erwähnt, nicht empfehlenswert ist, so müssen sie nach dem Abschneiden gespitzt werden. Fig. 50 und 51 zeigt eine solche Spitzmaschine (C. Dengg), während die Spitzmaschinen für harte, gebrannte Kohlen später besprochen werden.

Der Antrieb erfolgt durch die Riemenscheiben *a* mit Hilfe eines Friktionsrades. Hierdurch wird die durch die ganze Maschine laufende Welle *w* in Drehung versetzt. Dieselbe trägt die Scheibe *v* aufgeschraubt, welche eine Nut *t* besitzt; diese hat einen sanft ansteigenden und rasch abfallenden Verlauf. In diese Nut greift der Zapfen *r* des auf dem Tisch der Maschine schleifenden Schlit-

tens *s*, so daß der letztere eine langsame Vorwärts- und eine rasche Rückwärtsbewegung ausführt. Der Schlitten trägt in zwei Lagern *c* eine Welle *d*, welche mit einer kleinen Antriebsscheibe *e* versehen ist und durch diese, unabhängig vom Hauptantrieb, in rasche Rotation versetzt werden kann. An ihrem rechten Ende trägt diese Welle eine Scheibe mit drei gelochten Lappen *g*, an welche die Messerschneiden *i* so angeschraubt werden, daß sie bei ihrer Drehung einen Kegelmantel beschreiben und dadurch die Kohle konisch spitzen. Die Kohlen werden auf die beiden Bleche *h*

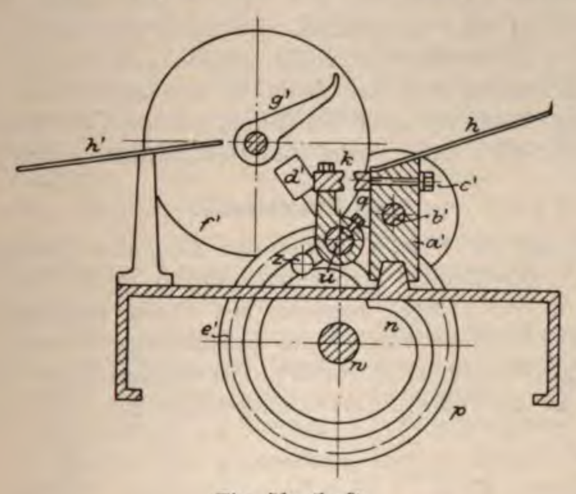


Fig. 51. (1 : 9)

aufgelegt und, während der Schlitten mit den rotierenden Messern die Abspitzung der Kohle besorgt, durch einen Backen *k* (Fig. 51) festgehalten. Derselbe wird durch die Welle *u* bewegt, welche an ihrem rechten Ende einen exzentrisch angebrachten Zapfen *z* trägt. Dieser greift in eine herzförmig gestaltete Nut *n* des Rades *p* ein. Indem der Zapfen die Kordioide *n* beschreibt, während das Rad *p* sich dreht, macht die erwähnte Welle *u* eine nicht drehende, sondern bloß pendelnde Bewegung, infolge welcher der Backen *k* bald den Kohlenstift festhält, bald ihn freigibt. Damit jedoch diese Bewegung des Backens an verschiedenen Stellen der Welle *u* ermöglicht wird, was nötig ist, weil die Kohlenstifte verschiedene Länge haben, trägt die Welle *u* eine Nut, in welcher der Hebel *k* bei der Verschiebung auf der Welle schleift und mittels der Schraube *q* festgestellt werden kann. Das Gleitstück *a'* kann durch die Schraubenspindel *b'* mit Handrad *c'* beliebig verschoben werden. Der Teil *d'*

bildet das Gegengewicht für den Hebel *z*. Endlich ist noch eine dritte Welle vorhanden, welche mit Hilfe der Zahnräder *e'f'* in Drehung versetzt wird und welche vier klauenartige Mitnehmer *g'* trägt, welche die gespitzten Kohlen abheben und auf der anderen Seite über ein Blech *h'* herabrollen lassen. Die drei Wellen mit ihren zugehörigen Teilen sind so gestellt, daß nach dem Einlegen der Kohle dieselbe zunächst durch die Backenvorrichtung *k* festgehalten, dann gespitzt wird, worauf die Backenklemmung gelöst und die Kohle durch die Mitnehmer abgehoben wird.

Nach dem Abschneiden und eventuellen Spitzen werden die Kohlenstäbe auf einer metallenen, mit Dampf gewärmten Tischplatte mittels eines Holzbrettchens völlig gerade gewalzt und nach dem Erkalten in Bündel gepackt. Denn da die Lichtkohlen lange, verhältnismäßig dünne Zylinder darstellen, könnten sie beim Einsetzen in die Tiegel oder Öfen leicht eine Deformation erleiden.

d) Paketieren.

Die Größe der Bündel richtet sich nach den Dimensionen der Glühtiegel. Gewöhnlich macht man sie so groß, daß man beim Einsetzen in die Tiegel bequem mit ihnen manipulieren kann (z. B. 100—110 Stäbe von 10 mm Durchmesser in einem Bündel).

In Fig. 52 sind zwei solcher Paketiermaschinen dargestellt. Die obere ist die von F. Pemsel ausgeführte Art. Die hergestellten

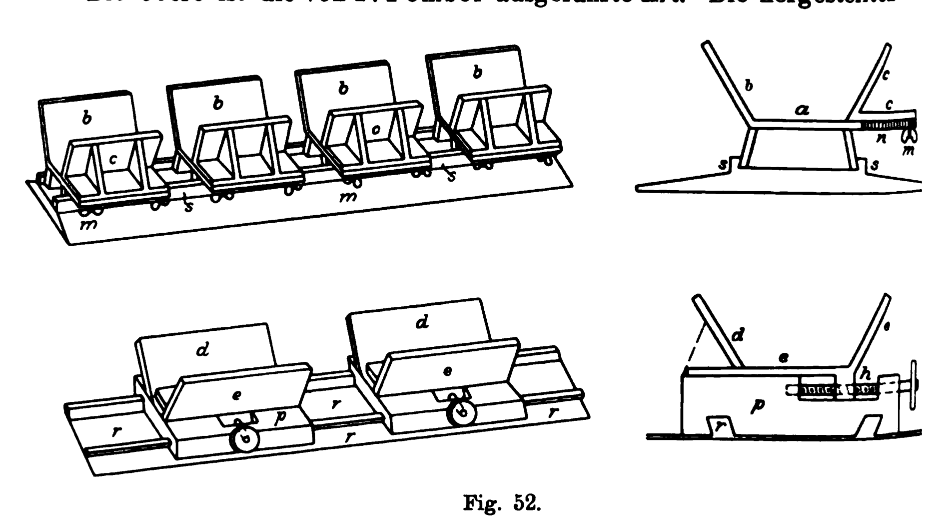


Fig. 52.

Bündel haben sechseckigen Querschnitt. Zwischen den Schienen *s* sind die vier Bindformen *b* verschiebbar, um Kohlen verschiedener

Länge paketieren zu können. Die eine Seite jeder Bindform ist mit der Basis *a* aus einem Stück, die andere Seite *c* ist verstellbar, um Bündel von verschieden großem Querschnitt herstellen zu können. Der Teil *c* ist mit Hilfe zweier Schrauben mit Flügelmuttern *m* auf der Grundplatte fixierbar. Die Schrauben bewegen sich in zwei entsprechenden Nuten *n*.

Die zweite Bindemaschine ist ähnlich eingerichtet. Auch hier sind die Seitenwände *de* unter einem Winkel von 120⁰ gegeneinander geneigt. Die Bindeformen schleifen auf zwei Schienen *r*. Die Wand *d* ist unbeweglich auf der Grundplatte *p* befestigt und hat einen länglichen Schlitz, durch welchen die Basis von *e* durchgesteckt ist. Der Teil *e* ist mittels der Schraube *h* verstellbar, um einen verschiedenen Querschnitt der Bündel zu erzielen. Die Kohlenstäbe werden nun vorsichtig eingelegt, so daß ein sechseckiges Bündel entsteht, dessen untere drei Seiten an den Wänden der Bindeform anliegen. Sind alle Kohlen eingelegt, so werden um dieselben zwei oder drei Gummibänder gelegt, das Paket herausgehoben und an zwei oder drei Stellen mit dünnem Draht oder billiger mit Bindfaden zusammengebunden, worauf die Gummiringe entfernt werden. Man kann auch die Kohlen gleich in der Form mit Bindfaden zusammenschnüren. Schließlich pflegt man in manchen Fabriken die Kanäle der Dochtkohlen mit einem Klümpchen Gips oder besser mit Holznägeln zu verschließen, um das Einbrennen von Kohlenstaub zu verhindern. Dies Verfahren ist besser als das, die Kanäle der gebrannten Kohlen nach dem Glühen mittels stählerner Nadeln zu reinigen. Nach dem Paketieren müssen die Bündel, um ein Durchbiegen zu vermeiden, immer stehend aufbewahrt und ebenso in den Ofen eingebracht werden.

2. Elektroden.

Dieselben werden in sehr verschiedenen Größen und Formen hergestellt. Solche mit kleinem Querschnitt werden mit Hilfe der Lichtkohlenpressen erzeugt. Die Nürnberger Lichtkohlenpressen sind so gebaut, daß man auch größere Elektroden, namentlich Platten erzeugen kann, indem man an den Massezylinder entsprechend große Mundstücke anschraubt; sind hohle Formen gewünscht, so wird ähnlich wie bei den Lichtkohlen ein Einsatzstück mit ein oder mehreren Dornen innerhalb des Mundstückes eingesetzt. J. C. Braun baut für Elektroden und dergl. Pressen nach dem Typus seiner vorhin beschriebenen Lichtkohlenpressen, welche Platten bis zu 500 mm Breite erzeugen können.

Für größere Elektroden empfiehlt sich die Anwendung von Vertikalpressen. Sind die Dimensionen nicht allzugroße (etwa bis zu 200 mm Dm.), so kann man die zum Vorpressen benutzten Vertikalpressen benutzen. Die Mundstücke müssen durch einen Übergangskonus mit dem Massezylinder verbunden werden. Wichtig ist es, die Kohlenpatronen vor dem Einführen in die Presse in geeigneter Weise zu schmieren, eine Maßregel, welche häufig nicht beobachtet wird, jedoch von großem Vorteil ist, weil man infolge der verminderten Reibung den Preßprozeß mit einer an Bindemittel ärmeren Kohlenmischung und bei niedrigerem Druck durchführen kann. Während man bei Lichtkohlen ein Gemisch von Öl mit Ruß (Rudolphs) oder schweres Mineralöl anwendet, empfiehlt sich bei Elektroden Graphit als Schmiermittel.

Die Pressen liefern natürlich einen zylindrischen oder prismatischen Strang. Sobald der aus der Presse austretende Kohlenstrang die gewünschte Länge hat, wird er mit Hilfe einer starken Schere, welche mit einem senkrecht auf den Backen stehenden Maßstab versehen ist, abgeschnitten und abgehoben.

In neuerer Zeit macht man für Karbid- und Aluminiumerzeugung sehr große Elektroden (400 × 400 mm Querschnitt bei 1500—2000 mm Länge). Dieselben müssen auf entsprechend dimensionierten Vertikalpressen hergestellt werden, welche, um ein rascheres Arbeiten zu gestatten, mit einem Stampfwerk verbunden sind.

α) Elektrodenpresse mit Stampfwerk.

Fig. 53 gibt eine schematische Darstellung einer solchen Riesenpresse. Das Stampfwerk *a*, welches hydraulisch oder mit Dampfkraft betrieben werden kann und dessen Stampfkolben mit länglichen Schlitzen *b* versehen ist, um der in dem Kohlenmaterial enthaltenen Luft das Entweichen zu ermöglichen, preßt die Kohlenmischung in dem Zylinder *c* zusammen. Derselbe ist in der drehbaren Scheibe *d* aufgehängt und wird in einer in der Figur nicht angegebenen Weise (mit Scharnierschrauben oder dergl.) auf der Unterlagsplatte *e* befestigt.

Ist der Zylinder *c* mit Material vollgestampft, so wird derselbe von der Platte *e* gelöst und mit Hilfe der Platte *d* durch eine Drehung um 180° in die hydraulische Presse gebracht. Die Bewegung erfolgt ebenfalls hydraulisch mit Hilfe einer Kette *k*, welche in ein an der Hülse *h* befestigtes Zahnrad eingreift. Die Achse dieser Hülse ist die Stahlwelle *s*, welche gleichzeitig zur Befestigung des Wasserzylinders und des Kopfes der Presse dient.

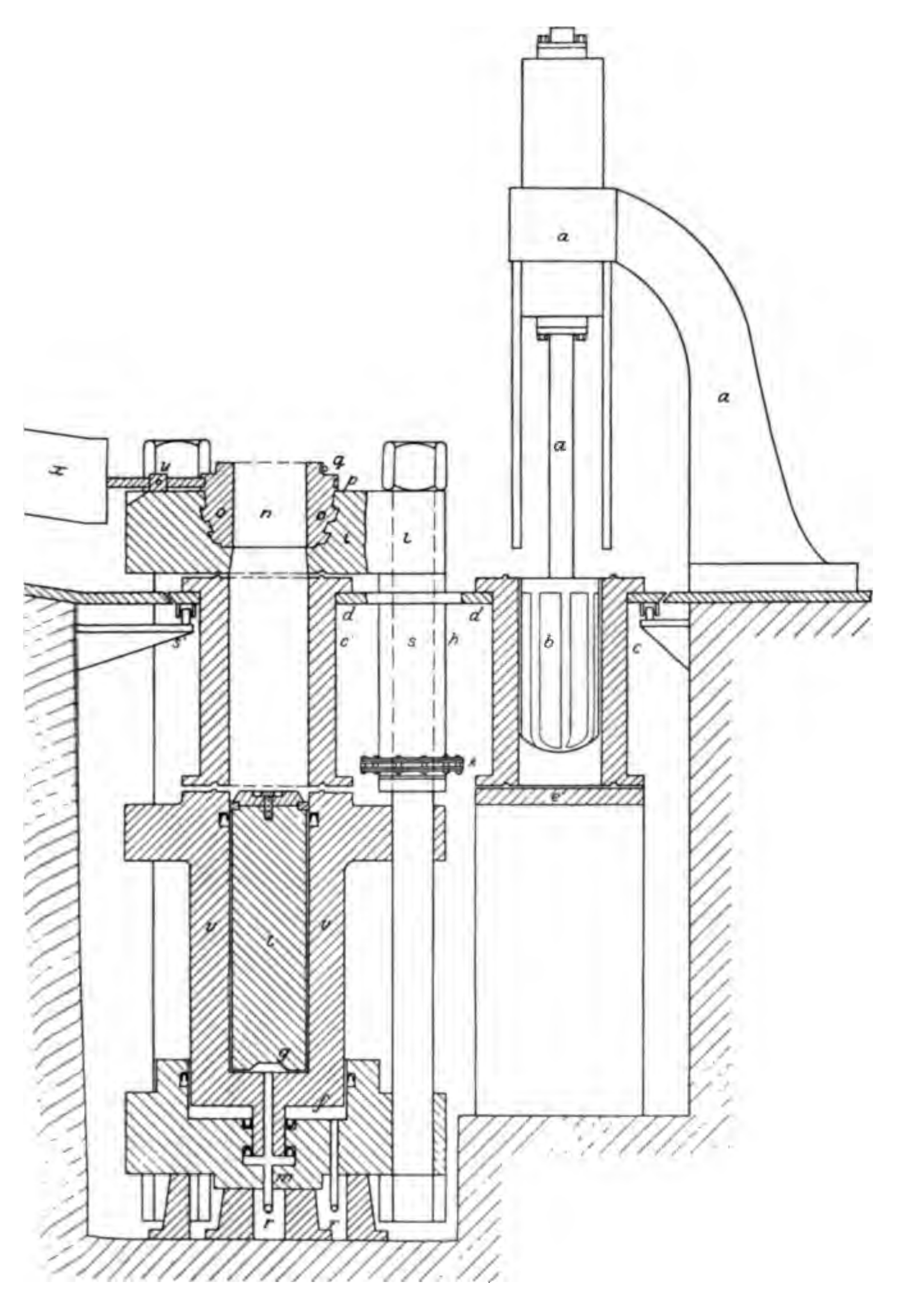
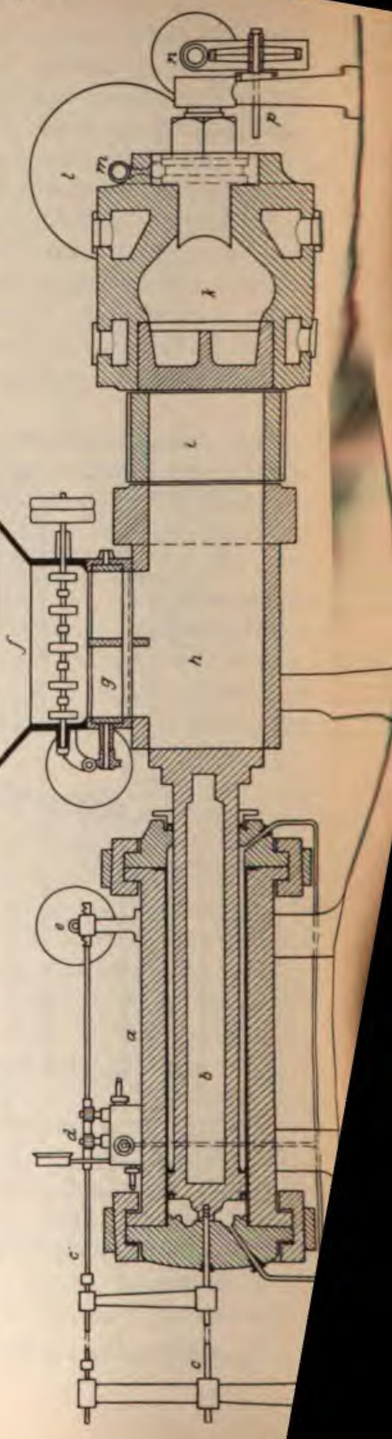


Fig. 53. (1 : 50)

Dem gleichen Zweck dienen noch zwei andere unter 120° gestellte Kolonnen, von welchen eine *s'* in der Figur sichtbar ist. Der Wasserzylinder *v* ist in einem kurzen, weiteren Zylinder *w* gelagert und wird mittels der Ansätze *y* längs der Kolonnen geführt.

Die Druckfläche *f* muß größer sein als die Fläche *g*. Ist der gefüllte Zylinder *c* in die Lage *c'* gekommen, so wird durch Öffnung des betreffenden Ventiles das Druckwasser in die Leitung *r* gelassen, wodurch die Teile *v* und *t* gehoben, der Zylinder *v* gegen *c'* und samt diesem gegen das Kopfstück *i* gepreßt wird. Hierauf öffnet man den Zufluß des Druckwassers zu dem Rohr *r'*, durch welches dasselbe nach *m* und von da gegen den Piston *t* strömt, welcher dadurch gehoben wird und das Material durch das entsprechend geformte Mundstück *n* in Strangform oben herauspreßt. Die gesamte Konstruktion ist der früher erwähnten Vertikalpresse von Dengg nachgebildet. Das Mundstück ist auch in ähnlicher Weise wie dort befestigt. Auch hier sind segmentartige Vorsprünge *o* von etwa 60° Breite vorhanden, welche durch Drehung des Mundstückes um 60° in der in der Figur bezeichneten Weise in das Kopfstück der Presse eingeschoben werden. Das Mundstück ist drehbar in einem Ringe *p* befestigt und läßt sich in demselben mittels einer Schnecke *q* drehen. Außerdem ist es samt dem Ringe um die Achse *u* drehbar und durch ein Gegengewicht *x* ausbalanciert. Diese Vorrichtungen dienen zur leichteren Bedienung der schweren Presse. Während der eine Zylinder *c'* auf der Presse sich befindet, wird in den anderen Material eingefüllt und eingestampft.



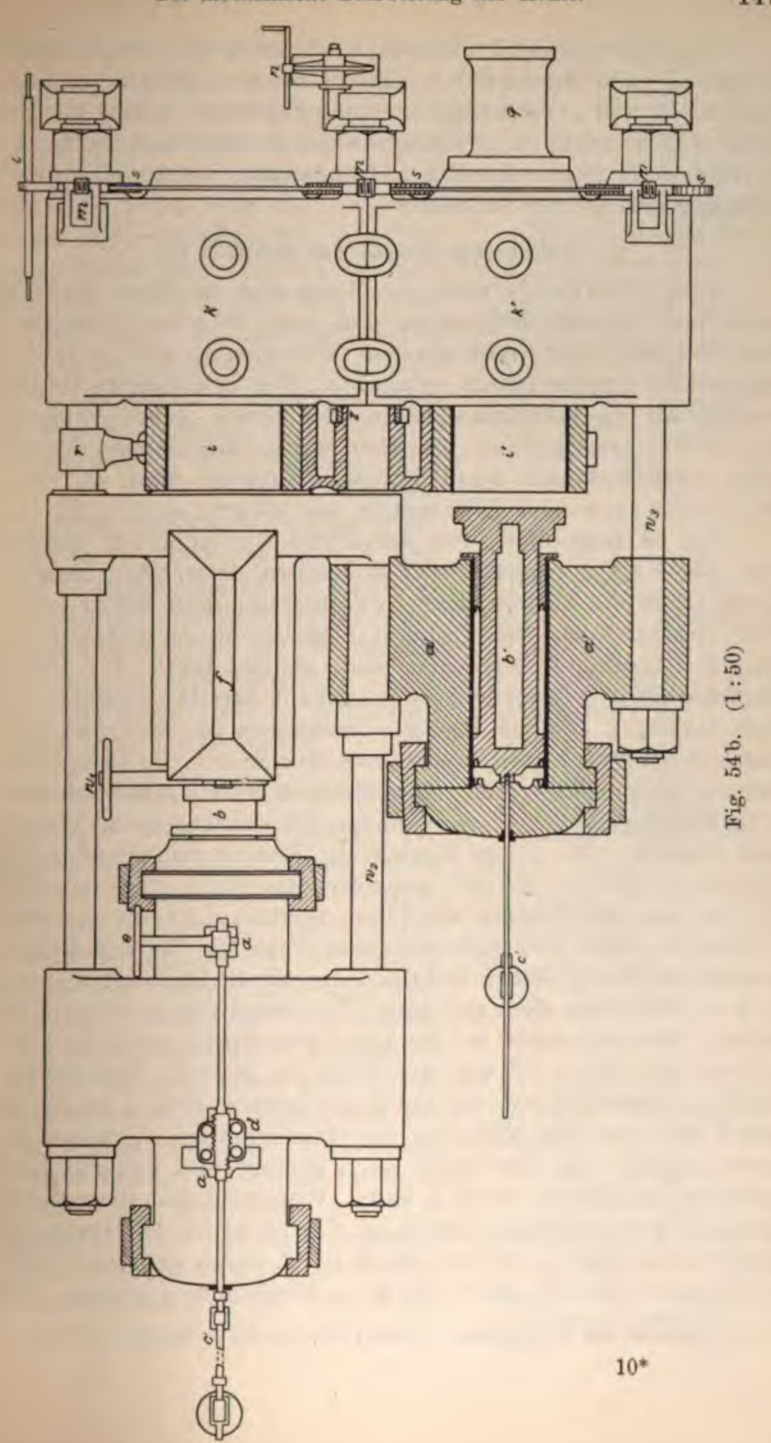


Fig. 54 b. (1 : 50)

Der angewendete Preßdruck beträgt wie bei den Lichtkohlenpressen 2—400 Atmosphären. Da es bei den Elektroden sehr auf eine starke und gleichmäßige Pressung ankommt, welche bei Strangpressen nicht leicht im gewünschten Grade ausgeführt werden kann, so sind noch Konstruktionen aufgekommen, welche eine allseitige Pressung ermöglichen sollen.

β) Elektrodenpresse von Schiff & Co.

Nach Ornstein[1]) wird das Vorpressen in einem Stampfwerk vorteilhaft dadurch umgangen, daß man in einer Maschine das lose Material einer hydraulischen Vorpressung und hierauf dem eigentlichen Preßverfahren unterwirft. Der Druck beim Vorpressen beträgt bis zu 400 Atmosphären, der Druck beim Fertigpressen bis zu 500 Atmosphären. Die maximalen Dimensionen der mittels einer solchen Presse herstellbaren Elektroden sind ca. 700 mm im Durchmesser und 1800 mm in der Länge.

Fig. 54 zeigt diese von der Firma Schiff & Co. entworfene (von Ganz & Co. ausgeführte) Riesenpresse, deren totale Länge etwa 8,5 m (ohne die Steuerungsteile cc') beträgt. Das Material wird in den Trichter f im losen Zustande eingebracht, passiert zwei neben einanderliegende Lieferwalzen und gleitet durch das drehbare Verschlußstück g in den Raum h. Sobald derselbe gefüllt und das Verschlußstück g durch Drehen verschlossen ist, wird das Material durch den Piston b nach rechts geschoben und in dem ringförmigen Teile i zusammengepreßt. Der Piston b wird hydraulisch bewegt. a ist der zugehörige Wasserzylinder mit exzentrischem Wasserein- und -austritt. Die übrige Einrichtung (Manschettendichtung, Metallbekleidung u. s. w.) ist die sonst gebräuchliche. Die zentral im Plunger sitzende Stange c mit ihrem vertikalen Ansatz, welcher auf c' schleift, bewirkt in ganz ähnlicher Weise wie bei der früher beschriebenen Denggschen Lichtkohlenpresse die Umsteuerung, welche in dem Ventilstock d vor sich geht. Der letztere trägt auch ein Manometer. Ist das Material in i genügend zusammengepreßt, so wird das brillenartige Stück $i i'$ um die Welle w_2 gedreht (und zwar um 180^0); dadurch gelangt der mit Kohle gefüllte Ring i an die Stelle von i' und vor die Mündung des Preßzylinders a', während der leere Ringteil i' an die Stelle von i gelangt und nun mit Kohlenmischung vollgepreßt werden kann. Währenddessen kann der Preßpiston b', welcher in einem Zylinder a' gelagert ist, in Bewegung gesetzt werden und preßt nun das Material durch den im Teil k' befindlichen Zylinder durch und beim Mundstück q heraus. Dieses

[1]) Fabrication d'électrodes. Paris 1900.

Mundstück kann ausgewechselt werden, so daß man Kohlenkörper verschiedensten Querschnittes pressen kann. Das Handrad l mit den drei Schnecken m und den Zahnsegmenten s dient dazu, den großen Körper $k k'$ während des Preßprozesses gegen die Ringteile i und i' zu pressen, damit kein Material bei den Fugen austreten kann. Der Teil r dient zur Feststellung des brillenförmigen Körpers in der richtigen Lage. Das Handrad n, welches auf die Welle p und mittels einer Zahnradübertragung z mit dem drehbaren Teil $i i'$ in Verbindung steht, dient dazu, diesem Teil die drehende Bewegung zu erteilen. Die ganze Presse ist mittels der drei mächtigen Wellen w_1, w_2, w_3 zusammengehalten.

Der Antrieb der Presse erfolgt durch zwei Preßpumpen mit je vier Pistons. Die Pistons für das Vorpressen haben 45 mm Durchmesser, die für das Fertigpressen 30 mm Durchmesser.

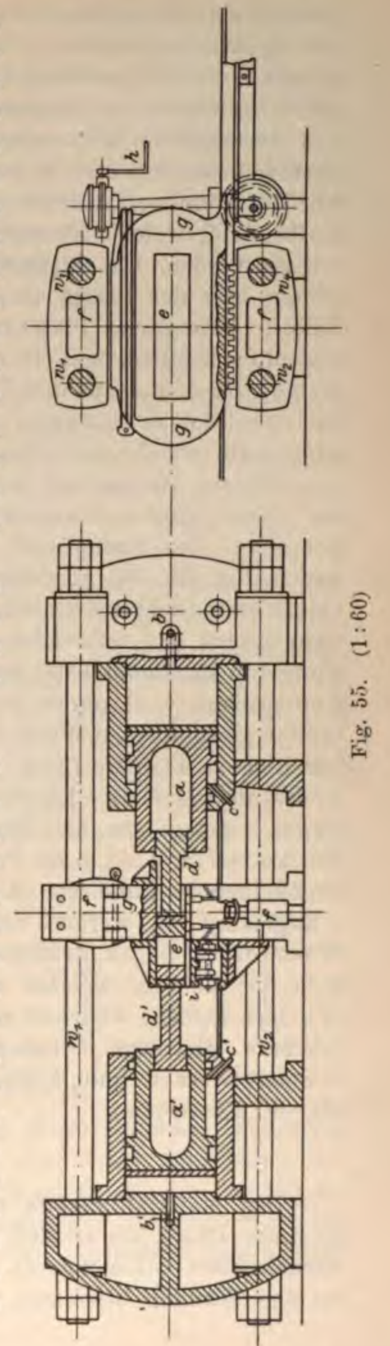


Fig. 55. (1 : 60)

7) **Elektrodenpresse von J. C. Braun.** (Fig. 55.)

Dieselbe weicht in mehreren Beziehungen von den bisher beschriebenen Pressen ab. Zunächst sind zwei Wasserzylinder $a a_1$ vorhanden, welche durch vier Stahlkolonnen w_1—w_4 mit Muttern gegeneinander versteift sind. Der Wassereintritt $b b'$ ist zentrisch, der Austritt $c c'$ exzentrisch angeordnet. Der Durchmesser der Wasserzylinder ist 800 mm, der Hub 250 mm, der Gesamtdruck beträgt bei 400 Atmosphären ca. 2000000 kg. Die ganze Länge der Presse ist etwa 7200 mm. Die Kolben $d d'$ erweitern sich nach vorn zu der im Querschnitt sichtbaren Druckplatte e, welche 1500 mm lang und 300 mm breit ist. Die Presse funktioniert folgendermaßen: die beiden

Preßkolben *d d'* arbeiten gegen den mittleren Teil *ff*, in welchem die eigentliche Preßform *g* eingeschoben ist. Diese Preßform *g* ist mittels eines im Querschnitt angedeuteten Zahngetriebes mit Handrad *h* senkrecht zur Längsachse der ganzen Presse verschiebbar, so daß verschiedene Futtereinsätze für kleinere Elektroden, als den oben angeführten Maßen entspricht, in den Hohlraum *e* eingeführt werden können; natürlich müssen dann auch die Preßköpfe der Kolben *d d'*, welche abschraubbar sind, durch entsprechend kleinere ersetzt werden. Das Eigentümliche dieser Presse ist, daß die Elektroden hier der Länge nach zusammengepreßt werden. Die auf Rädern bewegliche Plattform *i* dient dazu, einerseits die vorgestampften Kohlenblöcke in die Presse einzuführen und andererseits die gepreßten und aus dem Preßraum (in *g*) herausgeschobenen Elektroden seitlich zu entfernen. Neben der Presse ist die Ventilsteuerung aufgestellt, welche natürlich zweifach sein muß.

Die zur Herstellung jeder Elektrode nötige Kohlenmasse wird auf einem eigenen Stampfwerk beiläufig in die gewünschte Form gebracht. Das Stampfwerk unterscheidet sich von den beschriebenen (Fig. 28, 29) vornehmlich dadurch, daß der Kolbenschuh im Querschnitt nicht kreisförmig, sondern rechteckig geformt ist und zwar derart, daß seine Dimensionen der Länge und Höhe der Elektrode (im Maximum 1500 und 300 mm) entsprechen. Dieser große Kolbenschuh wird durch zwei synchron arbeitende Kolbenstangen in der gewöhnlichen Weise auf und abbewegt. Die Kohlenpatrone erhält etwas kleinere Länge und Höhe, dagegen eine etwas größere Breite als die fertige Elektrode haben soll. Sie wird auf den Rollwagen *i* gelegt, in die Presse eingeführt und durch den einen Preßkolben (z. B. *d'*) in die Preßform eingeführt, während der andere Preßkolben in Ruhe ist. Sobald der Kohlenklotz in der Preßform *g* angelangt ist, werden beide Kolben *d* und *d'* durch den vollen Wasserdruck gegen denselben gepreßt. Nach vollendeter Preßung geht der Kolben, welcher die Form in die Kohle eingeführt hat (*d'*), leer zurück, während der zweite die fertige Elektrode auf die fahrbare Plattform *i* herausschiebt. Eine derartige Presse mit 2 Stampfwerken und 4 Rollwagen liefert bei 10stündiger Arbeit 40—50 Elektroden.

Preßprozeß.

Das Material verläßt die Presse natürlich unter einem geringeren Druck als er sich aus dem Wasserdruck und den Flächenverhältnissen berechnet, da ein Teil auf die Reibung des Materials an den Wänden besonders beim Übergangskonus des Mundstückes

verloren geht. Ziffernmäßige Daten über diese Reibungsverluste waren mir bisher nicht zugänglich, falls sie überhaupt existieren, aber zweifellos sind die Verluste sehr große (bis zu 40 % je nach der Art der Mischung, dem Teergehalt und der Temperatur). Durch geeignete Schmierung der Patronen und entsprechend geformte Mundstücke werden sich diese Verluste verringern lassen. Interessant ist die Mitteilung Ornsteins,[1]) daß die Dichte der gepreßten Masse mit wachsendem Druck nur sehr wenig gewinnt; er fand für ein und dieselbe Kohlenmischung:

bei 150 Atmosphären	Dichte 1,470
„ 200 „	„ 1,482
„ 250 „	„ 1,486.

Bei sehr hohen Drucken nimmt also die teigige Masse immer mehr die Eigenschaften einer wahren Flüssigkeit an d. h. sie vergrößert nach Aufhören des Druckes immer mehr ihr Volum, entsprechend der wachsenden Elastizität. Es ist bekannt, daß schon bei Drucken von 100—150 Atmosphären die das Mundstück verlassenden Kohlenkörper einen größeren Querschnitt haben als das Mundstück selbst. Daraus folgt, daß die Anwendung hoher Drucke nur bis zu einer gewissen Grenze von Vorteil ist, welche durch die Korngröße und den Bindemittelgehalt der Masse beeinflußt wird.

Auch die Art und Weise des Pressens scheint einen Einfluß auf die Dichte des gepreßten Materiales zu haben und zwar in dem Sinne, daß meist bei langsamerem Pressen die Dichte eine höhere wird als bei raschem Pressen. Nach Mitteilung der Firma Schiff & Co. ergaben sich folgende Werte (bei sonst gleichen Verhältnissen):

Marke	Dimensionen		Dichte nach raschem Pressen	Dichte nach langsamem Pressen
	Länge mm	Durchmesser mm		
Schiff & Co. A'	150	15,2	1,30	1,25
„ A'	150	13	1,07	1,27
„ J. C.	100	12,7	1,14	1,28

Formen der Elektroden.

Die Formen der Elektroden sind meist einfach, zylindrisch oder prismatisch. Nach dem Pressen sind daher meist keine anderen Prozeduren nötig als das Abschneiden auf die gewünschte Länge. Immerhin kommen auch Abweichungen von den erwähnten Formen vor, häufig namentlich besonders gestaltete Zapfen (zur

[1]) Fabrication d'électrodes. Paris 1900.

Befestigung der Elektroden in den Polklemmen). In der Figur 56 sind einige gebräuchliche Formen dargestellt und zwar 1—4[1]) in verschiedenen deutschen Werken für Elektrolyse der Chloralkalien verwendete Typen; 5—6 gewöhnliche Formen für Karbid und Aluminiumfabrikation; 7 Kohlenplatte nach C. Hoepfner[2]); 8 aus einzelnen Platten zusammengesetzte Elektrode der Société le Carbone mit Ebonitschraubenverbindung; 9 Elektrode nach Massé[3]) aus mehreren Platten zusammengekittet; 10 Querschnitt der Elektroden für Karbidfabrikation, nach Siemens & Halske[4]) (siehe auch 7. Kapitel).

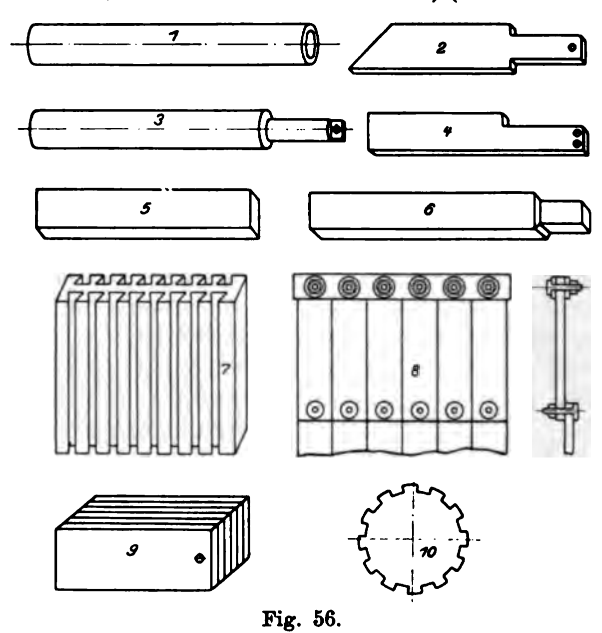


Fig. 56.

Man pflegt die Elektroden, soweit ihre Gestalt von der eines Prismas oder Zylinders abweicht, mit Hilfe einer hölzernen Schablone und eines scharfen Messers mit Handarbeit auf die gewünschte Form zu bringen, kann aber runde Zapfen, Löcher und dergl. auch auf den gebräuchlichen Werkzeugmaschinen herstellen, falls die Produktion so groß ist, daß die Anfertigung der zur Lagerung der Kohlenkörper während der Bearbeitung nötigen Vorrich-

[1]) No. 1. F. Lyte, D. R. P. 73364 Elektrode für geschmolzene Metallchloride.
[2]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1899.
[3]) D. R. P. 58956.
[4]) D. R. P. 102964.

tungen lohnend erscheint. Bezüglich der aus rohen Stücken zusammengesetzten Elektroden sehe man das 7. Kapitel nach.

3. Batteriekohlen (siehe Fig. 57).

Einfache prismatische Formen, wie sie in Fig. 57, 1—4 dargestellt sind, werden auf den Lichtkohlenpressen hergestellt, da die Querschnittsdimensionen im allgemeinen keine großen sind.

1. Gewöhnliche Platte für Leclanchéelemente mit Diaphragma.
2. Prisma für Bunsenelemente.
3. Kohlenplatte für Grenetsche Flaschenelemente.
4. Platte nach Wheelock[1]) für Leclanchéelemente.

Alle übrigen Formen lassen sich nicht in Strangform herstellen, sondern werden in allseitig geschlossenen Stahlformen gepreßt. In Fig. 57 sind ferner dargestellt

5. und 6. Platten mit Kopf und Schraube für Leclanchéelemente mit Diaphragma. Die Schraube wird häufig in eine in die weiche Kohle eingepreßte Schraubenmutter eingedreht (z. B. Schiff & Co.). Siehe diesbezüglich S. 158.

7. Zylinder für Leclanchéelemente mit Boden; ähnliche Zylinder ohne Boden können auf der Strangpresse hergestellt werden.

8., 9., 10. Braunsteinbriketts.[2])

11. Zylinder aus Kohle. Braunsteinmischung (Conradty).

12., 13. Kohlezylinder für Leclanchéelemente (Type Carbone, Paris). 13. mit abschraubbarem Deckel.

14. Braunsteinzylinder mit Rand und Höhlung für den Zinkstab (Schiff & Co.).

15. Braunsteinzylinder mit Höhlung für den Zinkstab (Conradty).

16. Braunsteinzylinder mit Fuß für Fleischerelemente (Conradty).[3])

17., 18. Kohlen mit Braunsteinbriketts, welche mit Gummistreifen (17) oder mit Ebonitschrauben (18) befestigt sind (Le Carbone).

19., 21. Poröse Kohlenzylinder, unten offen und daselbst durch einen Kork verschließbar (Conradty). Andere Firmen machen den Kopf in Form eines Kegelstumpfes (z. B. Schiff & Co.).

20. Viereckige Kohlenzelle.

---

[1]) U. S. P. 506353.
[2]) Elektrotechn. Zeitschr. 1890.
[3]) S. a. Elektrotechn. Zeitschr. 1894. 15. 123.

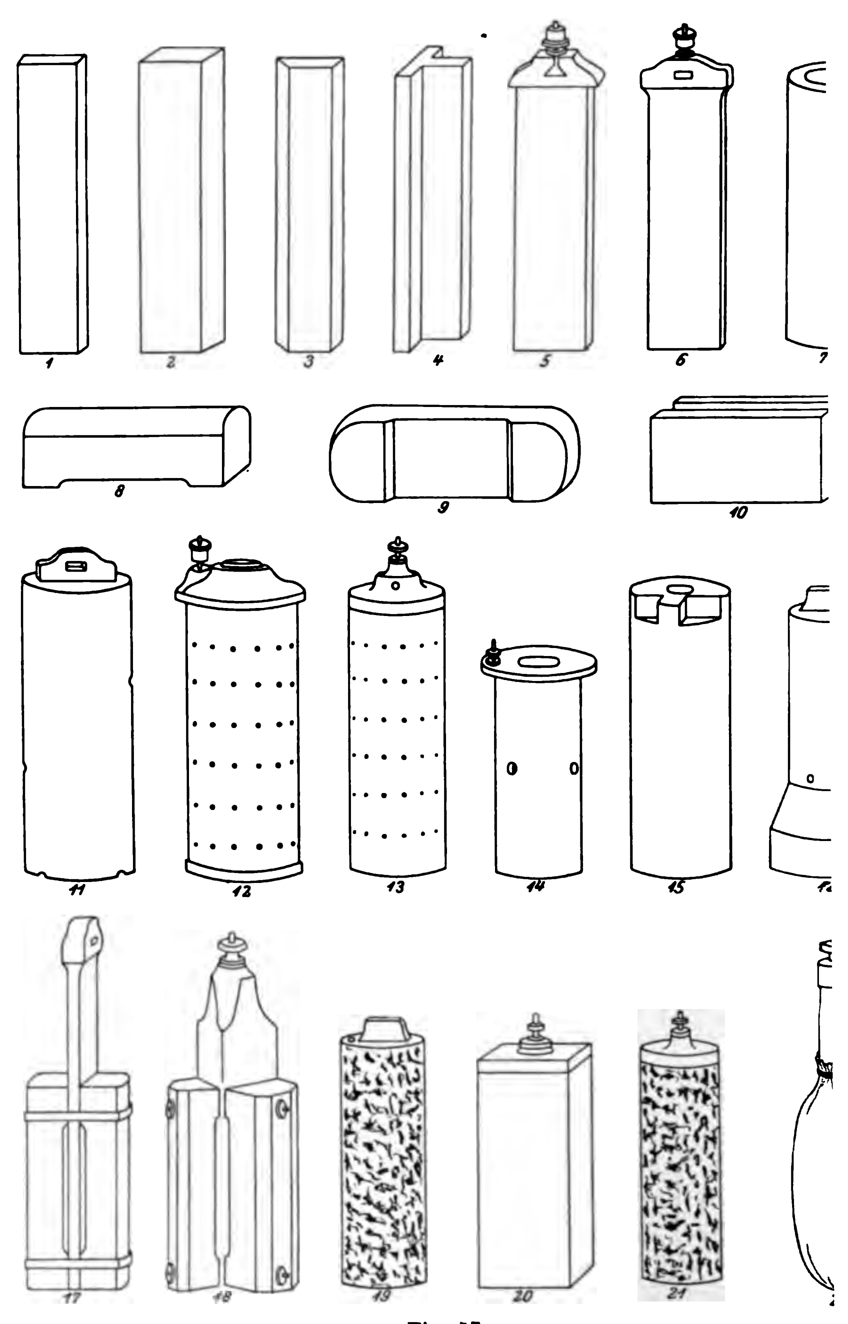


Fig. 57.

22. Kohle für Trockenelemente („Watt"), bestehend aus einer Homogenkohle mit Braunstein-Graphit-Mischung in einem Mousselinbeutel.

Um ein Bild von den mannigfachen Formen der Elementkohlen zu geben, seien noch folgende Vorschläge angeführt, wobei der Index *a* bedeutet, daß die Kohle auf der Strangpresse hergestellt werden kann, der Index *b*, daß sie in Formen gepreßt wird, und der Index *c*, daß nach dem Pressen noch weitere Bearbeitung nötig ist.

I. Hohlzylindrische Formen.

1. Unten offen, oben mit kreisförmigem Vorsprung, welcher zugleich den Deckel des Elementglases bildet (etwa wie No. 12 u. 14 in Fig. 57). Davis, U. S. P. 430990, 430991. (*b*)
2. Mit abschraubbarem Deckel (ähnlich wie No. 13 in Fig. 57) Law. Battery Co., Western. Electr. 1893. (*b*, *c*)
3. Mit ovalem Querschnitt, Knapp, Electric works, Electr. world 1889. (*a*)
4. Mit Längsrillen, Mill, U. S. P. 588591. (*a*, *b*)
5. Mit Längskanälen, Samson, Electr. world 1888. (*a*, *b*)
6. Mit Rippen versehen, Marcus, D. R. P. 61988. (*a*, *b*)
7. Mit von außen nach innen schräg abwärtsgehenden Kanälen, Casselmann, Die Kohlenzinkkette. 1844. (*b*, *c*)
8. Mit Ausschnitten parallel zur Cylinderachse zum Hindurchführen der Zinkplatten. Hydrawerke D. R. P. 108964.

II. Prismatische Formen (Stäbe und Platten).

1. Stab mit radialen Armen, Mason, U. S. P. 501151. (*b*)
2. Stab mit 4 Längsrinnen, Burnley, Elect. Rev. 1890. (*a*, *b*)
3. Im Querschnitt ⊥förmiger Stab mit horizontaler Fußplatte, Mauri, Peters angew. Elektrochemie I, 82. (*b*)
4. Stab mit sternförmigem Querschnitt, Jahr, Elektr. Rundschau 1895. (*a*, *b*)
5. Platte mit durchgehenden Röhren, Rowbotham, D. R. P. 88710. 1895. (*b*)
6. Platte mit nicht ganz durchgehenden Hohlräumen, für Metalleinlagen, Hertel. (*b*). Engl. Pat. 12788 v. 1899.
7. Kohle mit hufeisenförmigen Querschnitt, Peters, Dingl. polyt. Journ. 1902, 225.

III. Flaschenform.

1. Aus Ton-Graphitmischung, Faux, Lumière electric. 1879. (*b*, *c*)

IV. Kasten- und Rahmenformen.

1. Kastenförmig, Miller, Engl. P. 14322 von 1888. (*b*)
2. Kastenförmig, Davis, U. S. P. 489938. (*b*)
3. Kastenförmig mit Ansatz für die Klemme. J. Zeller, D. R. G. M. 35973. (*b*)
4. Rahmenförmig, Hausmeister, D. R. G. M. 77678. (*b*)

V. Becherform und ähnliche.

1. Becher aus Kohle, Anderson, U. S. P. 638083. (*b*)
2. Becher aus Kohle, Blumenberg u. Overburg, U. S. P. 637072. (*b*)
3. Gefäßförmige Kohle, Cudell, D. R. P. 85112 von 1894. (*b*)
4. Gefäßförmige Kohle, Hirlimann, U. S. P. 554124.

VI. Kombinationen aus mehreren Stücken.

1. Sägeartig gezähnte Braunsteinringe, welche mit den Vorsprüngen ineinander greifen und um einen Kohlenstab angeordnet sind, D. R. P. 69465. (*b*)
2. Kohle mit Schlitzen, in welche Braunsteinplatten eingeschoben werden, Macmittan, U. S. P. 454657. (*a*, *c*)
3. Kohle mit keilförmigen Braunsteinkörpern, D. R. P. 64280. (*a*, *c*)
4. Kohlenplatte, auf deren Breitseiten je ein halber Kohle-Braunsteinzylinder mittels Gummibändern befestigt ist. Alymer, Elect. rev. 1893. (*a*, *b*, *c*)
5. Elementkohle aus 4 kreuzförmig gestellten Platten, Mac Donald, U. S. P. 428116. (*a*, *c*)
6. Elementkohle aus mehreren in Form einer ebenen Spirale angeordneten Stücken (bes. aus Holzkohle), U. S. P. 459447.
7. Gelochte Kohlenscheiben, horizontal auf einen engeren Kohlenzylinder aufgeschoben, Brewer, U. S. P. 391505. (*a*, *b*, *c*)
8. Zwei konzentrische Hohlzylinder, Poudroux, U. S. P. 457430. (*a*, *c*)
9. Kohlenzylinder aus zahlreichen Stäben gebildet, Stoecker, U. S. P. 449299. (*a*, *c*)
10. Trommel aus Stäben und zwei Kohlenplatten gebildet, Mathiew, Engl. P. 20035 von 1896. (*a*, *b*, *c*)
11. Kohlenröhren, welche in ein poröses Kohlengefäß gestellt werden, Rowbotham, D. R. P. 88710. (*a*, *c*)
12. Kohlenscheibe mit nahestehenden radialen Einschnitten, welche nicht bis zum Rande der Scheibe laufen; im

Rande Löcher, in welche Kohlenstäbe eingesetzt werden, Ch. Jellivet, Franz. Pat. 295887.

13. Mehrere mit depolarisierender Masse umgebene Kohlenplatten, welche oben durch einen Steg verbunden sind. Reformelement von Pfannenberg, D.R.P. 121933.
14. Kombinationen von den vorigen Formen mit grobkörniger oder pulveriger loser Kohle.

Das Pressen der Kohlen geschieht, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, zumeist in geschlossenen Formen. Die Art derselben richtet sich natürlich nach der Gestalt der zu pressenden Kohle.

Preßformen.

Die Preßformen bestehen aus mehreren, gut passenden Teilen, welche aus Stahl oder Phosphorbronze hergestellt sind. In Fig. 58 sind einige solche Preßformen dargestellt und mit den ent-

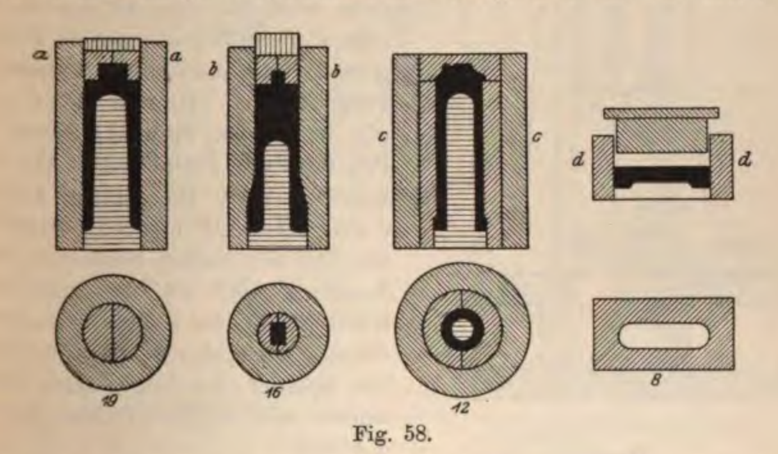


Fig. 58.

sprechenden Kohlenkörpern der Figur 57 gleich numeriert. Die Ebenen der Horizontalschnitte sind durch Buchstaben (a—d), die Schnitte der Kohlenkörper selbst durch schwarze Farbe ersichtlich gemacht. Die Einrichtung ist ohne weiteres verständlich, die einzelnen Teile sind durch verschiedene Schraffierung bezeichnet. Soll eine Kohle hergestellt werden, so wird das entsprechende, abgewogene Quantum der Kohlenmischung in möglichst zerkleinertem Zustande in die offene Form mit Hilfe eines Löffels gleichmäßig eingebracht, und darauf werden die oben abschließenden Teile, auf welche der Preßpiston wirkt, sorgfältig daraufgesetzt. Nunmehr kommt das Ganze unter die Presse.

Pressen.

Für Elementkohlen, welche in Formen gepreßt werden, verwendet man Spindelpressen, hydraulische Pressen, Kombinationen beider und Hebelpressen.

a) Spindelpressen.

Die Figur 59 stellt eine einfache Hand-Spindelpresse dar (nach Härdén),[1]) welche auch das Auspressen der Kohle aus der Form bewerkstelligt. An dem Gleitstück *a*, in welchem die Spindel *s* drehbar befestigt ist, wird das nach der Gestalt der Kohle geformte Kopfstück *b* oder ein passender Piston eingeschraubt. Die Pressform wird auf eine an der Stelle von *c* befindliche massive Platte gestellt und sodann die Pressung vorgenommen. Hierauf lüftet man ein wenig die Spindel, hebt die Preßform und schiebt an Stelle der massiven Platte die gelochte Platte *c* ein, deren Öffnung so bemessen ist, daß der äußere Mantelteil der Preßform noch auf den massiven Rand zu stehen kommt. Sodann drückt man durch Herabdrehen der Spindel die Kohle samt dem Boden- und Kopfteil in den Raum *d* hinaus.

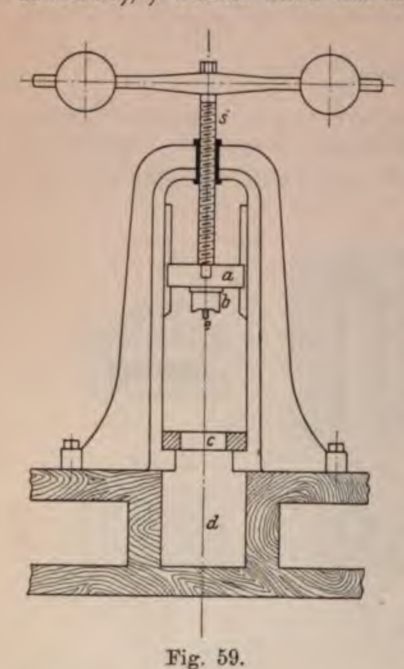


Fig. 59.

Der Druck, welchen man mit der Spindel ausüben kann, ist nicht sehr bedeutend, außerdem ist die Manipulation etwas umständlich (200—300 Kohlen pro Tag mit 3—4 Arbeitern).

Um ein Schraubenmuttergewinde in die Kohle einzupressen, wird ein Stift *e* mit Gewinde lose in den Kopf *b* eingesetzt, so daß derselbe nach dem Pressen und Hochdrehen der Spindel in der Kohle stecken bleibt, worauf er, mit der Hand vorsichtig emporgeschraubt, ein scharfes Gewinde in der Kohle zurückläßt, in welches nach dem Brennen die Kontaktschraube eingepaßt wird.

[1]) Elektrotechn. Anzeiger 1902. No. 1.

Die Firma Atlas (Stockholm) baut für Elementkohlenfabrikation Spindelpressen mit Maschinenantrieb und selbsttätiger Ausstoßung der fertigen Kohlen; dieselbe ist in Fig. 60 dargestellt. Die Einrichtung ist beiläufig folgende:

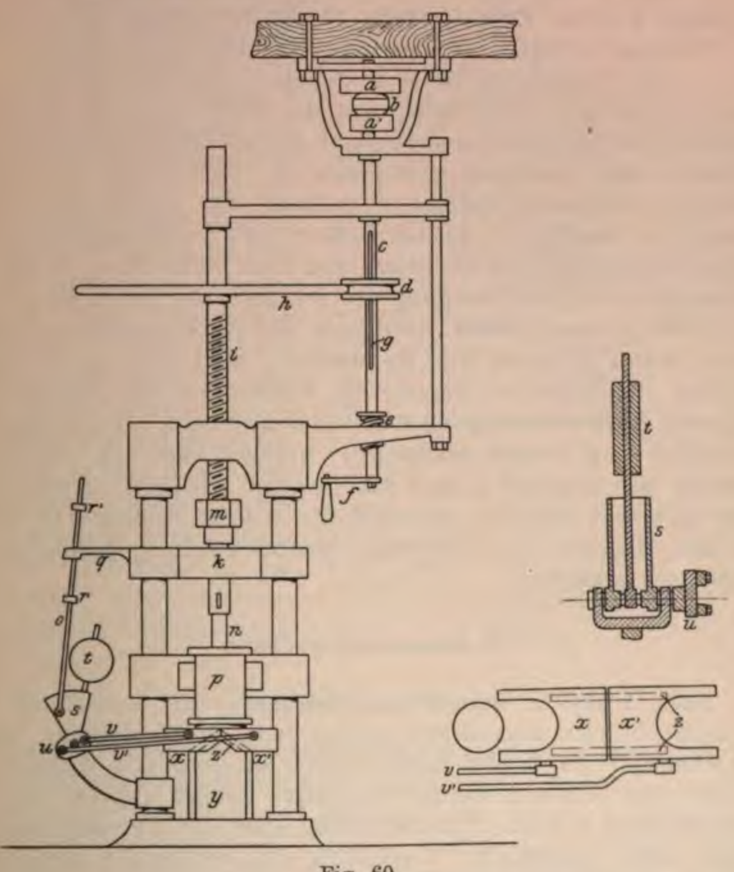


Fig. 60.

Der Antrieb der Maschine erfolgt durch die beiden in entgegengesetztem Sinne rotierenden Riemenscheiben $a\,a'$, von denen die eine oder die andere durch die Friktionsscheibe b ihre Bewegung auf die Welle c und das Rad d übertragen kann. Das untere Ende der Welle steckt in einem außen mit einem Gewinde e versehenen Lager, welches mit Hilfe der Handhabe f auf- und abwärts gedreht werden kann; dadurch wird die Welle c gehoben oder gesenkt und dadurch die obere oder untere Antriebscheibe in Kontakt mit

der Maschine gebracht. Das Friktionsrad *d*, welches bei dieser Auf- und Abwärtsbewegung der Welle *c* auf der Leiste *g* gleitet, bleibt stets in Kontakt mit dem großen Friktionsrade *h*, welches die Schraube *i* mit der Mutter *m* und dem Stempel *n* trägt. Der Preßzylinder *p* wird zunächst mit der gewogenen Menge der Kohlenmischung gefüllt, worauf durch Abwärtsbewegung der Schraube die Pressung erfolgt. Ist dieselbe vollendet, so drückt der Fortsatz *q* des beweglichen Teiles *k*, welcher durch die Mutter *m* mit nach abwärts geschoben wird, auf den Stellring *r* der Stange *o*, wodurch das Segment *s* gedreht und das in demselben bewegliche Gewicht *t* zum Umkippen gebracht wird. Durch letzteren Vorgang wird die elliptische Scheibe *u* gedreht und mittels der beiden Stangen $v v'$ werden die beiden Backen $x x'$, welche den Boden des Preßzylinders bilden, nach rechts und links verschoben, so daß bei der weiteren Abwärtsbewegung der Schraube der Kohlenkörper aus der Form herausgedrückt wird und bei *y* fortgenommen werden kann. Durch Drehung des Handrades *f* wird nun die Drehungsrichtung der Schraube umgekehrt, welche bei der nunmehr erfolgenden Aufwärtsbewegung den Teil *k* mitnimmt, dessen Fortsatz *q* schließlich den oberen Stellring r' berührt und mit emporhebt, wodurch das Segment *s* und das Gewicht *t* in ihre ursprüngliche Lage gebracht werden, während die beiden Backen $x x'$ wieder auf den Gleitschienen *z* in ihre frühere Stellung gelangen und aneinander schließen.

β) Stempelschlagpressen.

Nach Härdén verwendet man auch zur Herstellung von Braunsteinbriketts kompliziert gebaute Stempelschlagpressen, welche aus vielen in einem drehbaren Gestell angeordneten Formen bestehen; diese Formen werden successive gefüllt, gepreßt und entleert (Dengg & Co.). Näheres Detail über diese Pressen war mir bisher nicht zugänglich. Vermutlich sind sie ähnlich wie gewisse Steinkohlenbrikettpressen konstruiert. Die Abbildung einer einfachen Art solcher Stempelschlagpressen verdanke ich der Firma Schiff & Co. (Fig. 61). Auf dem Postamente *c* ist die Tischplatte *b* drehbar beweglich. Diese Bewegung wird mit Hilfe der drei Handhaben $h_1 h_2 h_3$ ausgeführt. Durch drei Hebel, welche am Postament *c* angebracht sind und in entsprechende Auszahnungen der Tischplatte *b* eingreifen (in der Figur ist nur einer sichtbar *d*), kann diese Tischplatte in drei um 120^0 voneinander abstehenden Stellungen festgehalten werden, so zwar, daß immer eine der Preß-

formen $a_1 a_2 a_3$, welche ebenfalls um 120° gegeneinander verstellt sind, gerade unter den Preßstempel *e* zu stehen kommt. Derselbe wird mittels des Vierkantes *g* in dem fixen Ständer *f* geführt und kann durch Drehung des Hebels *k* um die Achse *i* nach rechts mittels des mit Handhaben versehenen Gewichtes *m* kräftig in die Form *f* gedrückt werden. Das andere Ende des Hebels *k* trägt ein kleineres Gegengewicht. Beim Emporheben des Hebels *k* greift eine am Teile *n* befindliche in der Figur nicht sichtbare Nase in eine längliche Nut des Vierkantes *g*, so daß dieser und der Stempel *e* wieder in die Höhe gehoben wird. Während in eine Form a_1 gepreßt wird, wird eine andere a_2 gefüllt und eine dritte a_3 entleert.

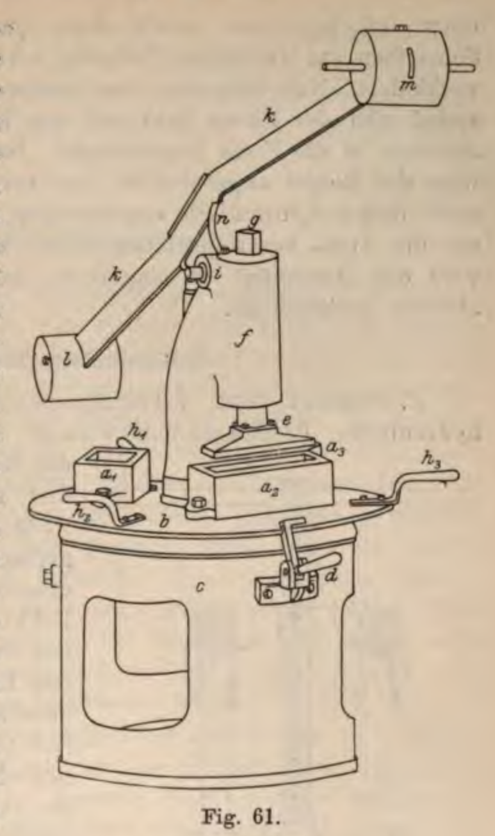


Fig. 61.

γ) Hydraulische Pressen.

Häufig werden ganz gewöhnliche Plattenpressen besonders zur Herstellung der Braunsteinbriketts angewendet (Härdén l. c.). Eine Konstruktion, mittels deren man auf den früher beschriebenen Vertikalpressen (Vorpressen Fig. 30), welche sonst nur die Kohle in Strangform liefern, diese auch in geschlossenen Formen pressen kann, hat Härdén (l. c.) angegeben. Der zylindrische Mantelteil der Preßform ist so gestaltet, daß er als Mundstück in die früher beschriebene Vertikalpresse eingesetzt werden kann. Nachdem dies geschehen, wird in gewöhnlicher Weise die Kohlenmasse in Form eines zylindrischen Stranges herausgepreßt. Sodann werden von diesem Strange entsprechende Stücke abgeschnitten und je eines in das Mundstück eingelegt; hierauf wird auf den Preßpiston der Bodenteil der Preßform aufgesetzt, der Kopfteil der Preßform

oben aufgelegt und durch einen Querriegel, welcher mit zwei Schrauben am Mundstück befestigt wird, an der Aufwärtsbewegung verhindert. Nun läßt man das Druckwasser in die Presse eintreten, wobei sich der Piston hebt und den Bodenteil der Preßform nach aufwärts in die Form hineindrückt. Ist die Pressung vollendet, so wird der Riegel abgeschraubt und man läßt nun den Preßstempel noch weiter hydraulisch emporsteigen, wodurch die fertige Kohle aus der Form herausgetrieben wird. Bei Kohlen mit breiter Basis wird das Mundstück so eingesetzt, daß der Kopf der Kohle nach abwärts gerichtet ist.

δ) Kombinierte Pressen.

F. Pemsel baut Vertikalpressen, welche als Spindel- und hydraulische Preßmaschinen wirken. Dies hat den Vorteil, daß die Masse in die Form mit Spindel und Rad rasch so weit gepreßt werden kann, daß nur noch eine geringe weitere Pressung mit hydraulischem Druck nötig wird. Bei kleinen Formen ist das Pressen mit der Spindel allein genügend. Das Entleeren der Form geschieht ebenfalls mit der Spindel allein. Der Antrieb erfolgt entweder mittels eines Handrades oder durch ein Zahnradvorgelege und Riemenscheiben. Der hydraulische Maximaldruck beträgt 300 Atmosphären. Das Steuerventil ist entlastet und geht dadurch auch unter Druck sehr leicht. Fig. 62, welche ohne weiteres verständlich ist, stellt den Schnitt durch eine solche Presse mit Handbetrieb dar.

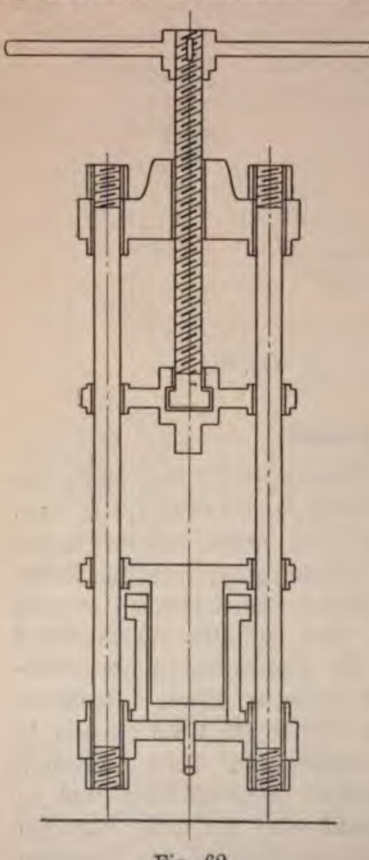


Fig. 62.

Nach dem Pressen erfolgt die Nachbearbeitung der Kohlen, welche darin besteht, daß die Kanten, falls es nötig erscheint, mit einem scharfen Messer nachgearbeitet und Löcher mittels einer zugespitzten Stahlnadel gebohrt werden. Sind viele Löcher in

regelmäßigen Abständen zu bohren (wie bei 12, 13 in Fig. 57), so stülpt man über die Kohle eine Blechschablone, in welcher die Löcher ausgestanzt erscheinen; durch dieselbe wird dann die Bohrnadel eingeführt. Selten ist eine Bearbeitung der Kohlen auf der Drehbank notwendig.

4. Schleifkontakte.

Die Zahl der für diese Kohlenkörper angewendeten Formen ist außerordentlich groß. In Fig. 63 sind eine Reihe von Profilen und Ansichten solcher Kohlen wiedergegeben, welche besonders von den Firmen Le Carbone in Paris und Rylander und Rudolphs hergestellt werden ($^1/_3$—$^1/_2$ der natürlichen Größe). 1—20 sind Profile von Schleifkontakten für Dynamobürsten, und zwar 1—7, 10 und 12 häufiger gebrauchte Querschnittsformen. Die Herstellung solcher Kohlen ist auf den Lichtkohlenpressen möglich, da die Querschnittsdimensionen geringe sind und die Kohlen zumeist prismatische Gestalt besitzen. Man preßt lange Stränge und zerschneidet dieselben in Stücke gewünschter Länge. Dieselbe ist ebenfalls meist gering, im Maximum 10—12 cm. Bei Kohlen von einfacher Querschnittsform (wie 1—7) ist dies ohne weiteres möglich, bei komplizierteren Profilen ergibt sich die Schwierigkeit, gerade Kohlenstränge aus der Presse zu erhalten, weil infolge des ungleichmäßigen Druckes die Stränge sich krümmen (siehe bei den Lichtkohlen). Deshalb zieht man es vor, solche Kohlen auch in Formen herzustellen, was auch den Vorteil mit sich bringt, daß die erhaltenen Kohlen gleichmäßiger gepreßt sind. Das Pressen in Formen geschieht wie bei den Brikettkohlen, nur sind die Preßformen ungleich einfacher.

In No. 21 und 22 sind Gleitkontakte für Straßenbahnen dargestellt, No. 24 ein Kontakt für Schalthebel, No. 23 und 25 sogenannte Multisektion-Kohlenbürsten. No. 23 ist aus Lichtkohlen zusammengesetzt, welche durch einen Bleikopf zusammengehalten werden (Elektrotechnischer Anzeiger 1898 No. 44). No. 25 ist ein Längsprofil durch eine Bürste nach W. Mordey (D. R. P. 97993). Die Längsnuten werden mit einem Isoliermaterial ausgefüllt.

Bei der Herstellung der Preßformen ist auf genaue Dimensionierung zu achten (natürlich unter Berücksichtigung des beim Glühen erfolgenden Schwindens).

Nach dem Pressen werden die Kanten sauber nachgearbeitet, vorstehende Kohlenleisten mit dem Messer beseitigt; bei Formen

wie No. 20 und 22 (Fig. 63) werden noch die Löcher ausgebc Ausnehmungen und abgeschrägte Flächen wie in No. 16 und werden nach Maß mit freier Hand oder mit Hilfe einer Schab! aus- und abgeschnitten. Schwieriger ist die Herstellung von Kol nach der Form 25. Man legt am besten das zu bearbeite

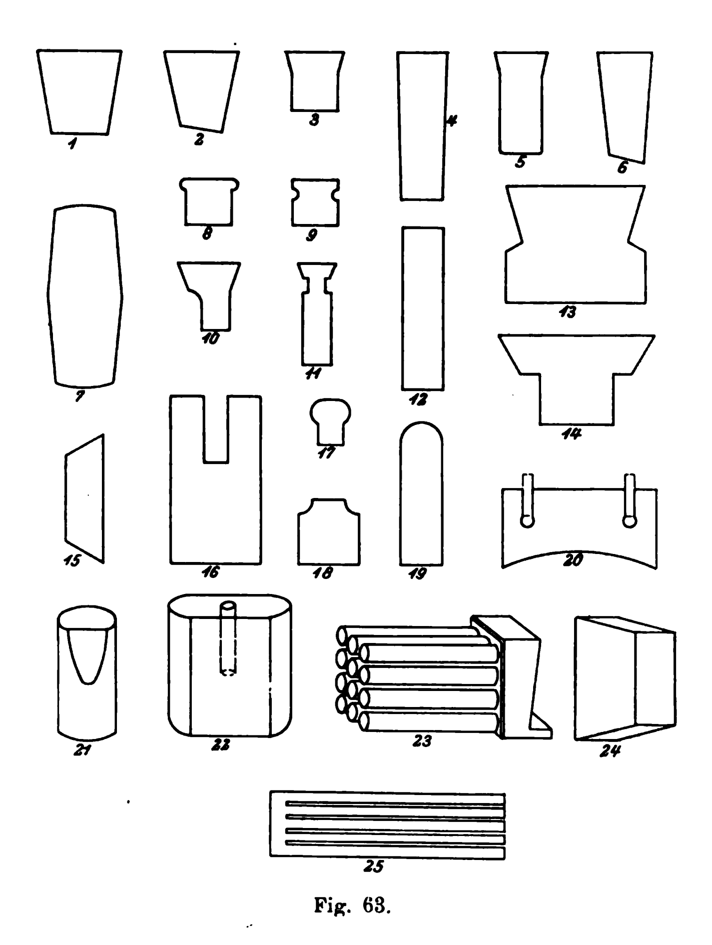


Fig. 63.

Stück in ein entsprechendes Kästchen aus Holz oder Blech drückt oder schlägt vier Blechstücke, deren Länge und Dicke Dimensionen der zu bildenden Nuten entspricht und welche einem gemeinsamen Querstück in der gewünschten Entfern befestigt sind, in das Kohlenprisma hinein.

5. Mikrophonkohlen.

Die Kunstkohle ist das fast ausschließlich zur Herstellung der Kontaktteile verwendete Material. Die Zahl der angewandten Formen ist ziemlich groß. Man kann etwa folgende Gruppen unterscheiden:

I. Walzenmikrophone. Bestehend aus zwei oder mehr Kohlenprismen mit Löchern, in oder auf welchen eine oder mehrere Kohlenwalzen gelagert sind. Z. B.:

1. Hughes (engineering 1878, Telegraphic Journ. 1878. 224) ursprüngliche Form des Mikrophons. Eine Walze mit konischen Enden. Walze und Lager aus gesägter Retortenkohle (Fig. 64, No. 1).
2. Ader (Dingl. polyt. Journ. 260, 268). Zapfenmikrophon. Mehrere Kohlenzylinder mit Zapfen sind in entsprechenden Höhlungen zweier Kohlenprismen gelagert. Auch können zwei Reihen von Walzen mit drei Lagerstücken verwendet werden (No. 4). Die häufigst angewandte Form wird mit drei Walzen und zwei Lagerstücken ausgeführt (z. B. Mix und Genest, Dingl. polyt. Journ. 265, 266, Fig. 64 No. 2).
3. Binswanger und Coates (Dingl. polyt. Journ. 282, 182). Walzen und zwei einerseits abgeschrägte Kohlenklötze (Fig. 64, No. 3).
4. Croßley (Graetz, die Elektrizität, S. 492). Vier Stäbe mit Zapfen und vier Klötze mit Höhlungen (Fig. 64, No. 5).
5. Gower (ebenda). Sechs radiale Kohlenstäbe und ein Kohlenklotz mit sechs Höhlungen (Fig. 64, No. 6).

Von den zahlreichen hierher gehörigen Konstruktionen seien noch erwähnt:

6. C. Römershausen, D. R. P. 45587, die Walzen sind in der Mitte ihrer Länge senkrecht zur Längsachse durchbohrt (durch diese Löcher wird ein Faden gezogen).
7. Mix und Genest, D. R. P. 51634, 52694 und 64636. Walzen mit sattelförmiger Ausnehmung, in welche sich ein Filzpolster legt.
8. E. Volkers, D. R. P. 51591. Drei Walzen ohne Zapfen.
9. F. Heller, D. R. P. 54935. Walzen mit Zapfen.
10. Kaiser und Schmidt (Elektrot. Zeitschr. 1891. S. 532). Drei Kohlenwalzen ohne Zapfen, welche sich gegen zwei Kohlenstäbe stützen.
11. C. Greulich und G. Büttner, D. R. P. 63549. Walzen.

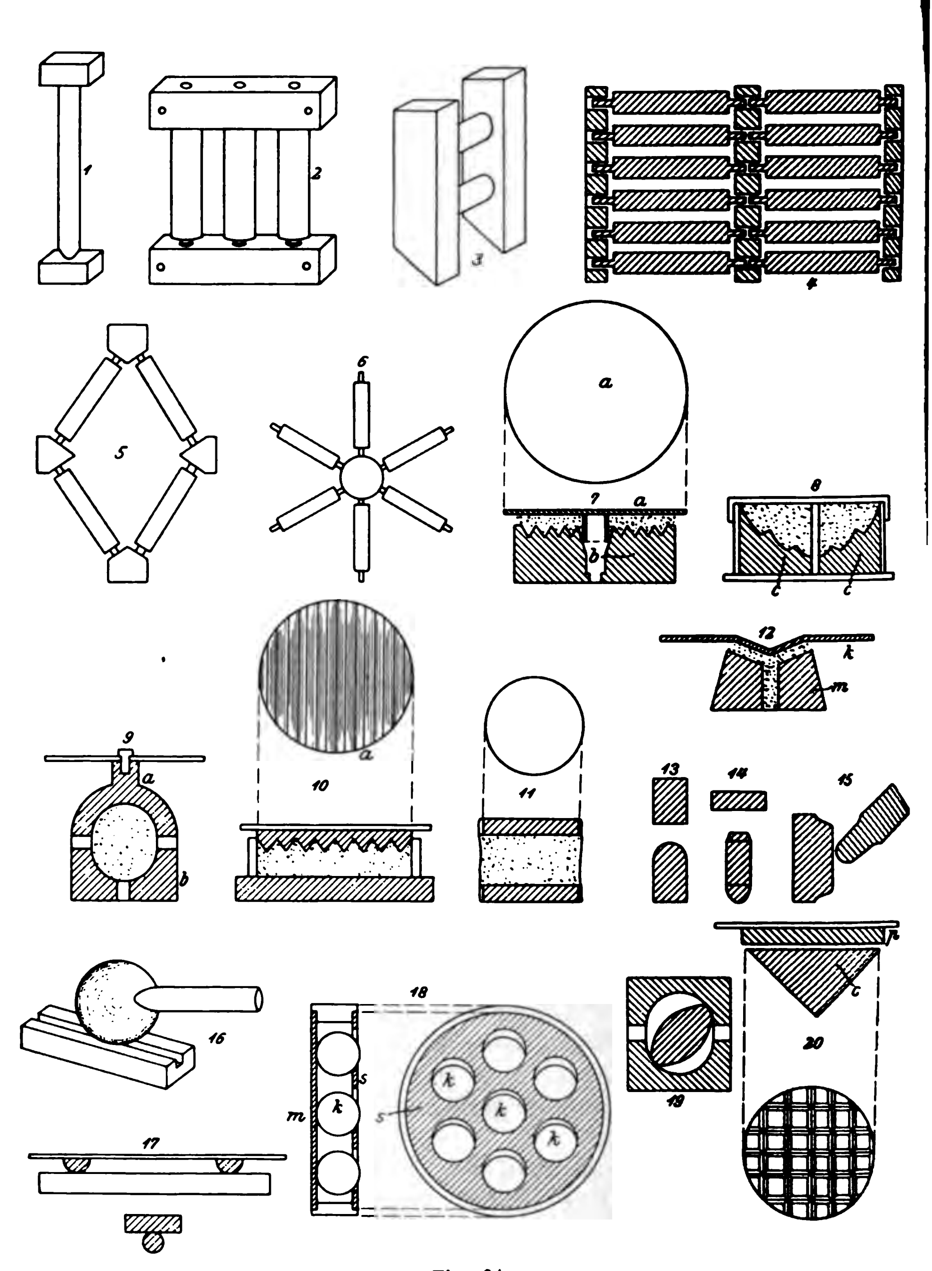

1
2
3
4
5
6
a
7
a
b
8
c
c
12
k
m
9
a
b
a
10
11
13
14
15
p
c
16
17
18
s
m
k
s
k
k
k
19
20

Fig. 64.

12. F. Müller, D. R. P. 64517. Walzen.
13. R. Kändler, D. R. P. 71868. Drei ungleich dicke Walzen und ein Balken aus Kohle.
14. C. Winterstein, D. R. P. 100512. Kohlenwalzen.
15. C. Vogt, D. R. P. 59204 und 61674. Kohlenwalzen.

II. Körnermikrophone. Das Wesentliche bei denselben ist gekörnte Kohle. Die Kohlenkörner haben 0,5—6 mm Durchmesser, seltener sind sie mehlartig fein. Außer den Körnern sind in der Regel noch andere Kohlenkörper als Kontaktstücke verwendet, z. B.:

1. Berliner (Zeitschr. f. Elektrotechnik. 1887. S. 435 und Dingl. polyt. Journ. 282, 114; 288, 280). Eine dünne Kohlenmembran *a* (auf Glimmer) und eine dickere Kohlenscheibe *b* mit ringförmigen Nuten, dazwischen die Kohlengraupen (Fig. 64, No. 7).
2. O. Schäffler, D. R. P. 46878. Die Kohlenkörner befinden sich in einem zweiteiligen Kästchen, das außerdem zwei oder vier kreuzförmig gestellte Kohlenstücke *c* enthält, oder aus Kohle selbst gebildet ist.
3. J. Lukan (Zeitschr. f. Elektrotechnik. 1889. S. 488, Fig. 64, No. 9). Die eine Kohle *a* ist halbkugelförmig und hat eine Durchbohrung für eine Schraube, die andere *b* ist prismatisch mit einer halbkugelförmigen Höhlung und ebenfalls einem Kanal für eine Schraube. In den Höhlungen der beiden Kohlen befindet sich das Kohlenklein.
4. Czeija und Nißl (Dingl. polyt. Journ. 274, 416). Zwei Plättchen aus Kohle, welche mit einem Hartgummiring einen zylindrischen Raum einschließen, welcher die Kohlenkörner enthält; bei einer späteren Konstruktion (Dingl. polyt. Journ. 289, 112) wird eine dünne Kohlenmembran und eine geriefte Scheibe *a* verwendet (Fig. 64, No. 10).
5. Carbonelle (Dingl. polyt. Journ. 304, 16). Zwei Kohlenscheiben, welche durch ein elastisches Rohr verbunden sind (Fig. 64, No. 11).
6. Mix und Genest (Dingl. polyt. Journ. 304, 16). Eine Kohlenplatte *k* mit konischem Buckel und ein Klotz *m* mit entsprechender Höhlung und zentralem Kanal (Fig. 64, No. 12).

Ferner seien noch angeführt:

7. A. Cedergren, D. R. P. 56036. Zwei Platten, wie in Fig. 52, No. 7b, dazwischen Kohlengrus.
8. T. Oeyan, D. R. P. 55605. Bloß Kohlenkörner.

9. White (Electr. engin. 1892. 477). Zwei Kohlenscheiben, dazwischen Kohlenkörner aus Anthracit.
10. Bloomer (Electr. engin. 1893. 281). Zwei gewundene oder gefaltete Kohlenstreifen, dazwischen Kohlenpulver.
11. P. Vincart, D. R. P. 75321. Kohlenkörner.
12. J. Adler und E. Schaller, D. R. P. 73519. Zwei Platten, dazwischen Kohlenkörner und ein spiralförmiger Streifen aus steifem Stoff.
13. Deckert und Homolka, D. R. P. 49938 und 71946. Eine Kohlenmembran mit isolierenden Fasern und ein Kohlenklotz mit kleinen Kohlenpyramiden, deren Spitzen Pinsel tragen, dazwischen Kohlenkörner.
14. M. Rotten, D. R. P. 77454. Platte mit kreisförmigen Riefen und ein Beutel mit Kohlenkörnern (ähnlich Fig. 64, No. 11).
15. Mix und Genest, D. R. P. 87494, Kohlenkörner.
16. Münsberg, D. R. P. 88717, Kohlenkörner aus Pflanzensamen.
17. F. Kluge, D. R. P. 86432, Kohlenkörner.
18. A. Randall, D. R. P. 85717. Kohlenkörner.
19. P. Hardegen (Elektrot. Zeitschr. 1897). Eine Kohlenmembran, eine Kohlenschale (ähnlich No. 9b) und dazwischen Kohlengrus.
20. J. Zwarg, D. R. P. 93067, Kohlenkörner.
21. A. Pollák, D. R. P. 107976, Kohlenkörner.
22. Société industr. des téléphons. Kohlenkörner. D. R. P. 107680.
23. Anderson und Skold, D. R. P. 105002, Kohlenpulver.
24. R. Galle, D. R. P. 80342. Geriefte Kohlenplatte (ähnlich Fig. 64, No. 7b) und Membran, dazwischen Kohlenklein.

III. Mikrophone mit einfachen Kohlenklötzen.

1. Blake (Dingl. polyt. Journ. 241, 236), zylindrische Kohlenstückchen (Fig. 64, No. 13).
2. Berliner (ebenda) (Fig. 64, No. 14).
3. L. Ericsson (engl. Pat. 14528 von 1887), Platte und Klotz (Fig. 64, No. 15).

Ferner:

4. Lüdtge, D. R. P. 4000, zwei Kohlenklötze.
5. Torrence (Dingl. polyt. Journ. 251, 440), ein Kohlenblock.
6. Hartmann und Braun, D. R. P. 34639, zwei Kontakte, von welchen der eine den andern exzentrisch berührt.

7. E. Harrison, D. R. P. 73509, zwei Kohlenklötze.
8. W. Nikolajczuk, D. R. P. 79589, ein Kohlenkontakt.

IV. Mikrophone mit Platten, Stäben und Kugeln.

1. Bonta (Scientif. Americ. 1887, S. 102), ein Stift, eine Kugel und eine genutete Platte (Fig. 64, No. 16).
2. Dejongh (Zeitschr. f. Elektrotechn. 1888, S. 274), zwei Platten und ein zylindrischer Kohlenstab (Fig. 64, No. 17).
3. C. Clamond (Dingl. polyt. Journ. 271, 510), eine Kohlenmembran *m*, eine gelochte Kohlenscheibe *s* und etliche Kugeln *k* aus Kohle (Fig. 64, No. 18).

Ferner:

4. S. Russel, D. R. P. 18885, zwei Kohlenplatten und ein Kohlenknopf mit Zapfen oder eine Kohlenkugel.
5. Boudet (Dingl. polyt. Journ. 1883), sechs Kohlenkugeln in einer Glasröhre.
6. Hopkins (Scientif. Americ. 1881. 182), ein Stift, 25 mm lang, 6 mm dick, eine Platte von 31 mm Durchmesser und 6 mm Dicke mit einer Furche am Rande, in welcher der Zuleitungsdraht läuft.
7. A. Campbell Swinton (Telegraphic Journ. 1887, S. 542), dünne Kohlenstäbe, welche auf einem horizontalen Kohlenblock schräge aufliegen.
8. Abdank-Abakanowicz, D. R. P. 46552, mehrere durch die Zähne eines Kammes voneinander getrennte Scheiben, welche auf zwei schrägen, nebeneinander liegenden Kontaktplatten ruhen.
9. F. Neale, (engl. Pat. 8433 v. 1887), Kohlenstreifen.
10. E. Mayer, D. R. P. 63611, zwei Kohlenstücke, das eine mit zwei Zapfen, das andere mit Höhlung und Zapfen.
11. A. Gröper (La lumière elect. 1893, S. 321), mehrfach gelochte Kohlenscheibe und 32 Kohlekugeln, D. R. P. 66652.
12. A. Gröper, Kohlenplatten mit dazwischen gelagerten Walzen, D. R. P. 69907.
13. E. Mercadier, D. R. P. 73950, zwei Kohlenblöcke mit Höhlungen, in welchen zwei Kohlenstäbchen eingelagert sind, die vertikal stehen und unten mit Messingfassungen versehen sind.
14. E. Mayer, D. R. P. 73985, drei bewegliche runde Stäbchen, welche auf drei Kohlenklötzen aufruhen.

V. Mikrophone anderer Konstruktion.

1. Boudet (Dingl. polyt. Journ. 250, 519), zwei halbkugelförmig ausgehöhlte Kohlenstücke, dazwischen ein Ellipsoid (Fig. 64, No. 19).
2. Siemens & Halske, D. R. P. 40119 und 60959, Kohlenplatte *p* und Kegel *c* aus Kohle mit gefelderter Basis; statt des letzteren auch drei ineinander gesteckte Kegel (Fig. 64, No. 20).
3. Short (Zeitschr. f. angewandte Elektrizität 1880), zwei Kohlenrahmen, zwischen diesen ein linsenförmiges Kohlenstück.
4. Société génerale des télephons, D. R. P. 35159, Platten aus Metall oder Holz mit Kohle in Form einer festen oder pulverförmigen Schicht überzogen.
5. Drahtnetz mit Kohle überzogen, Münsberg, D. R. P. 72077.
6. Roulez (Electrician 1891), Kohlenplatte von 10 cm Durchmesser und ein Kohlenblock von 7 cm Länge, durch Pappe isoliert, verbunden durch drei Bündel Glühlampenfäden, welche in je drei Löchern des Kohlenblockes und des Pappblattes stecken.
7. Cuttriss (Dingl. polyt. Journ. 284, 47), spiral- oder schraubenförmige Kohle, welche elastisch schwingt, so daß die Windungen sich mehr oder weniger berühren.
8. J. Watson und E. Parker, D. R. P. 85718, drehbarer Kohlenbehälter.
9. B. Münsberg, D. R. P. 69936, Kohlenfasern.
10. Noriega (Lumière electr. 1894, 130), Kohlenplatte und Kohlenfasern.
11. Stock & Co., D. R. P. 90424, zwei dünne Kohlenstäbe, an welchen je sechs Kohlenscheiben (Ringe) lose aufgehängt sind. Dieselben berühren eine Kohlenmembran.
12. Morris C. Mengis (Elektrot. Zeitschr. 1900. 314), Kohlenkegel und zwei halbringförmige Kohlenstücke.

Wie bei der Herstellung der Mischungen für Mikrophonkohlen, so ist auch bei der Formgebung die größte Sorgfalt nötig. Die Fabrikation dieser Kohlenkörper ist die subtilste und ohne Zuziehung der Handarbeit und feinerer Werkzeugmaschinen kaum möglich. Manche Stücke können in Strangform gepreßt werden, z. B. die Prismen und Walzen, wie sie in No. 1—6, Fig. 64 dargestellt sind. Nach dem Abschneiden auf die richtige Länge werden die Walzen beiderseits so weit abgedreht, daß sich Zapfen von ge-

wünschter Dicke ergeben. Die Löcher können mit der Maschine oder aus freier Hand mit einem stählernen Korkbohrer hergestellt werden. Für die meisten übrigen Formen empfiehlt sich eine doppelte Pressung. Man stellt zuerst auf der Strangpresse Kohlenzylinder von passendem Querschnitt her, schneidet von diesen entsprechende Stücke ab, legt diese in die Preßformen und vollendet nun die Formgebung mit Hilfe der Pressen, welche bei der Herstellung von Batteriekohlen angegeben wurden. Durch diese doppelte Pressung wird die Kohle gleichmäßiger, freilich verteuert sich dadurch auch die Herstellung. Zur Herstellung sehr dünner Kohlenmembranen (Fig. 64, No. 7a, 12k, 18ms) preßt man z. B. zuerst einen Zylinder vom Querschnitt der Membran auf der Lichtkohlenpresse, schneidet davon sorgfältig entsprechend dünne Scheiben ab und preßt diese hierauf in der geschlossenen Form. Löcher und Ausnehmungen werden nach dem Pressen ausgestanzt. In ähnlicher Weise verfährt man auch bei vielen anderen Formen (wie z. B. No. 7b, 10a, 15). Bei Stücken, welche von der zylindrischen oder prismatischen Form sehr abweichen, wägt man Stücke von dem entsprechenden Gewichte ab (z. B. No. 8c, 9ab, 19, 20) und stellt diese in die Preßform. Zur Herstellung von Kugeln preßt man zunächst Stränge von etwas kleinerem Durchmesser, schneidet davon Zylinderchen ab, deren Länge vorher durch Rechnung bestimmt wurde und bringt dieselben in die Preßform. Dieselbe ist ähnlich wie die bei den Batteriekohlen beschriebenen; das Bodenstück, welches zweiteilig ist, enthält eine halbkugelförmige Höhlung, eine ebensolche der Piston. Das Pressen kann bei den meist sehr kleinen Dimensionen mit der Hand auf einer Hebelpresse ausgeführt werden. Nach dem Pressen wird der an der Grenzfläche der beiden Formteile sich bildende dünne Kohlenvorsprung abgeschnitten. Die Kugeln können nach dem Brennen noch in einer rotierenden Trommel für sich oder mit kleinen Stahlkugeln zusammen völlig rund gearbeitet werden.

Der für eine größere Zahl von Mikrophonkonstruktionen erforderliche Kohlensand wird in verschiedener Weise hergestellt. Man hat einfach geglühten Anthracit oder Retortenkohle auf die verlangte Korngröße geschrotet und vom feineren Produkt durch Absieben getrennt. B. Münsberg[1]) schlug vor, Samen von Senf, Raps und dergl. zu verkohlen, um passende Kohlenkörner zu erhalten. Da die Leitfähigkeit des geglühten Anthracites nicht sehr groß ist, wendet man auch graphitreiche Mischungen an, welche

[1]) D. R. P. 88717.

naß gemischt (s. Seite 113) und warm durch Siebe von entsprechender Maschenweite gedrückt werden. Man erhält so mehr abgerundete Körner, während die Bruchstücke gemahlener Kohle, besonders des Anthracits, scharfkantige Splitter darstellen. Sowohl die Leitfähigkeit, wie die Härte und die Gestalt der Körner haben einen Einfluß auf die Güte des Mikrophons, die Gestalt deshalb, weil das Anhaften und Zusammenballen der Teilchen sowie auch ihre Abnutzung von der Natur der Oberfläche (rauh oder glatt) und der Beschaffenheit der Kanten abhängt.

6. Sonstige Kohlenkörper.

Über die Formen der übrigen Kohlenkörper, welche in der Einleitung S. 1 und 2 angeführt wurden, wäre etwa folgendes zu bemerken:

a) Kohlen für elektrische Schweißung erhalten dieselbe Form wie Lichtkohlen.

b) Kohlendiaphragmen werden plattenförmig oder zylindrisch wie die Batteriekohlen angefertigt.

c) Kohlenwiderstände erhalten zylindrische oder prismatische Gestalt; manchmal werden Lichtkohlen zu diesem Zweck verwendet.

d) Blitzschutzkohlen (Fig. 65, No. 1, 2) werden wie die Mikrophonkohlen hergestellt. Sie dienen wie die entsprechenden Metallkontakte zur Sicherung der Telephone.

e) Formen zum Glühen der Glühlampenfäden (Fig. 65, No. 3, 4); um dieselben werden die aus organischen Körpern (Cellulose, Papier, Bambusfaser u. s. w.) bestehenden Fäden gewickelt, damit sie während des Glühprozesses die gewünschte Form erhalten. Diese Körper können in Strang- oder in Formpressen fabriziert werden (Le Carbone, Paris).

f) Kohlenziegel werden vielfach für elektrische Öfen als Auskleidung verwendet. In der Regel werden sie mit Nut und Feder versehen, um geschlossene Wände von nicht allzugroßer Dicke herstellen zu können (Fig. 65, No. 6). Man preßt sie auf Elektrodenpressen in Strangform, schneidet sie zurecht und bearbeitet sie auf der Hobelbank. Hierbei ist zu bemerken, daß die bohrenden und schneidenden Werkzeuge, mit welchen die Kohle bearbeitet wird, einer raschen Abnutzung unterliegen.

g) Kohlentiegel in kleineren Dimensionen werden in Formen wie Batteriekohlen gepreßt. Größere können so fabriziert

werden wie Schamotte oder Graphittiegel (s. 6. Kapitel, Ofenbetrieb). Nach dem Pressen werden die nötigen Löcher, Nuten und dergl., wie bereits angegeben, mit Maschinen oder durch Handarbeit hergestellt.

h) Größere, schalenförmige oder anders gestaltete Stücke, wie sie als Ofensohlen für elektrische Öfen benutzt werden, müssen auf den großen Elektrodenpressen ihre ungefähre

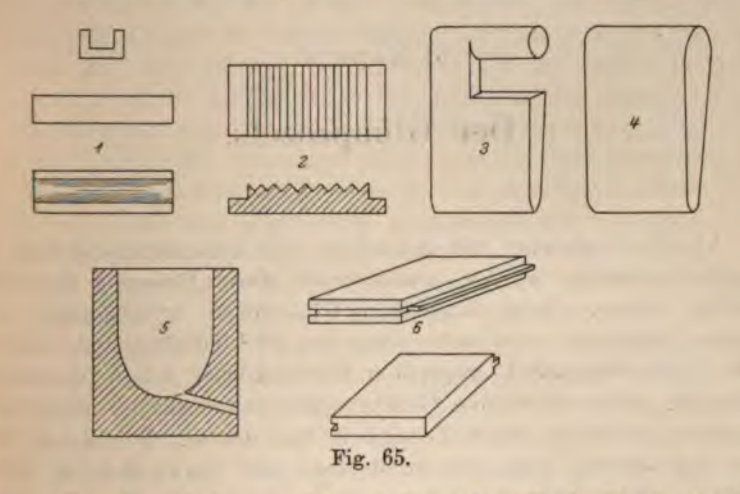


Fig. 65.

Gestalt erhalten, während die Details durch Ausdrehen, Abhobeln u. s. w. angebracht werden. Sind die Dimensionen zu große, als daß man die verlangten Formen aus einem Stücke herstellen könnte, so ist man gezwungen, die Konstruktion aus mehreren Stücken aufzubauen. Im letzteren Falle werden die einzelnen Teile nach dem Brennen durch einen Kitt aus Teer und Ruß miteinander verbunden.

i) Achsenlager für Dynamomaschinen, welche aus graphitreichen Mischungen hergestellt werden, müssen in Formen gepreßt werden.

6. Kapitel.

Der Glühprozefs.

Alle Kohlenkörper mit Ausnahme der Braunsteinbriketten für Leclanchéelemente werden, nachdem sie durch Pressung ihre Form erhalten haben, einem intensiven Glühprozeß unterworfen. Die meisten Rohkohlen sind sehr schlechte Elektrizitätsleiter, die aus dem Teerkohlegemisch gepreßten Kohlenkörper leiten den Strom gar nicht. Erst durch den Glühprozeß erhalten sie die nötige Leitfähigkeit, außerdem auch Festigkeit und Härte. Die Kohle wird aber erst leitend, wenn sie mindestens auf starke Rotglut erhitzt wurde[1]), über einer bestimmten Temperatur tritt dies rasch ein. War die Kohle nicht hoch genug erhitzt, so verliert sie nach dem Erkalten um so mehr an Leitfähigkeit, je niedriger die Temperatur war. Je höher dieselbe gesteigert wurde, desto dichter wird die Kohle, desto höher ihre Leitfähigkeit. Die Kohle nähert sich in ihrer chemischen Beschaffenheit mit zunehmender Glühtemperatur immer mehr dem reinen Kohlenstoff, jedoch ist es nach Moissan selbst im elektrischen Ofen nicht möglich, den Wasserstoffgehalt vollständig zu beseitigen. Äußerlich wird eine starke Erhitzung der Kohle durch deren stahlgraue Farbe, große Härte und Festigkeit sowie einen metallischen Klang beim Aufwerfen kenntlich. Bei der Temperatur des Lichtbogens geht die Kohle in die Graphitmodifikation über (s. Kap. 2).

Die weichen Kohlen verkleinern ihr Volum während des Glühprozesses. Die Schwindung beträgt bei mittleren Verhältnissen 2—4 %, kann aber bis 12 % steigen. Dies hängt von der Art der Mischung ab (s. das 5. Kap.).

---

[1]) Brion, Dingl. polyt. Journ. 307, 190.

Ist die Kohle nicht genügend scharf gebrannt, so treten bei deren Gebrauch häufig große Übelstände zutage. Lichtkohlen erhitzen sich übermäßig, werden bis in weite Entfernung vom Lichtbogen oder auch ihrer ganzen Länge nach glühend, wodurch die Metallteile der Lampe gefährdet werden können, bei Elektroden treten ähnliche Erscheinungen auf, außerdem wirken aber Chlor, Sauerstoff und dergl. auf die in der Kohle vorhandenen organischen Verbindungen ein, wodurch einerseits ein rascher Zerfall der Kohlen, anderseits Verunreinigung der Bäder verursacht wird.

Bei der Herstellung der Kohlenkörper im großen ist jedoch den anwendbaren Glühtemperaturen insofern eine Grenze gesetzt, als es mit Hilfe von Kohlen- oder Gasfeuerung nicht möglich ist, über die Temperatur des Stahl- oder Porzellanofens hinauszugehen. Wie in der Tonindustrie, ist es auch hier gebräuchlich, die Hitzegrade mit Hilfe der Segerschen Brennkegel zu bestimmen, eine bequeme und hinreichend genaue Methode (s. Ofenbetrieb).

Beim Glühprozeß erfolgt eine Destillation des Teers, und es hinterbleibt in der Masse der Stäbe der von vornherein im Teer vorhandene Ruß sowie jene koksartige Kohle, welche durch Zersetzung der verschiedenen Verbindungen des Teers während der Destillation sich bildet. Glüht man Teer für sich allein, so bleibt eine blasige, glänzende, dem Petrolkoks ähnliche Kohle zurück. Man kann annehmen, daß, je nach der Dickflüssigkeit des Teers, 25—30 % vom Gewichte desselben beim Glühprozeß in der Kohle zurückbleiben.

Um die Luft fernzuhalten, werden die Kohlenkörper während des Glühens in Kohlenpulver eingebettet. Das letztere kann aus beliebigen, der oben erwähnten Materialen hergestellt werden, Abfälle aller Art, wie sie bei der uns beschäftigenden Industrie sich ergeben, können dazu verwendet werden; es ist gut, nicht mehlfeines Kohlenpulver zu verwenden, da sonst beim Füllen der Tiegel oder Öfen übermäßige Staubentwickelung und großer Verlust an Material nicht zu vermeiden ist. Nach jedem Brande wird das Kohlenpulver gesiebt, zusammengebackene Stücke werden wieder verkleinert, Schamottestücke und dergl. beseitigt.

Öfen.

Die Zahl der für das Glühen der Kohlen verwendeten Öfen ist ziemlich groß. Schon Greßler hat[1]) einen Ofen für diesen

[1]) Repertorium der Galvanoplastik und Galvanostegie von A. Martin, Wien 1856. Greßler, Die Fabrikation von Kohlenzylindern.

Zweck angegeben, dessen Beschreibung wir wohl übergehen können. Das Gleiche gilt von dem Ofen, den Pritchard[1]) angegeben hat, wobei gleichzeitig als sonderbar angeführt werden muß, daß derselbe im Jahre 1890 die Gasfeuerung als zu teuer verwirft und statt dessen einen oben offenen Füllofen primitivster Art vorschlägt. Dies mag damit zusammenhängen, daß er über größere Laboratoriumsversuche nicht hinaus gekommen ist. Für kleine Betriebe, namentlich dort, wo mit Unterbrechungen gearbeitet wird, ist natürlich die Gasfeuerung nicht geeignet. Daher waren früher, als die galvanischen Kohlen noch in verhältnismäßig kleiner Menge hergestellt wurden, meist Öfen mit direkter Feuerung in Verwendung. Gegenwärtig, da die Fabrikation der Kohle im großen betrieben wird und betrieben werden muß, werden wohl ausschließlich Gasöfen verwendet.

Im folgenden sollen einige Beispiele von Öfen, welche im Fabriksbetriebe in Verwendung waren oder sind, zur Besprechung kommen.

1. Öfen mit direkter Feuerung.

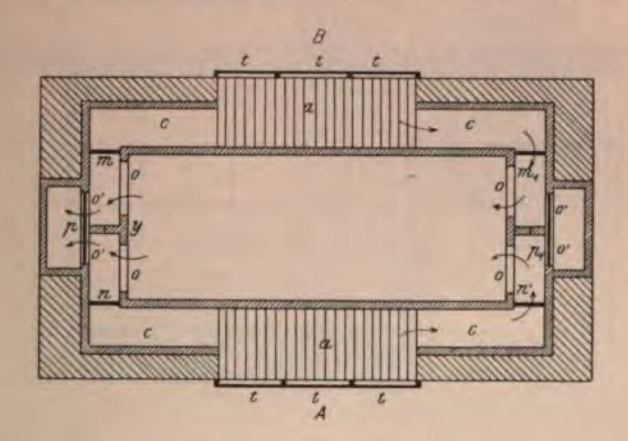
Figur 66 zeigt eine ältere Ofenkonstruktion für kleinen Betrieb.[2]) An den beiden Längsseiten des Ofens befinden sich die langen Roste *a*, welche durch die Türen *t* mit Brennmaterial beschickt werden. Die Feuergase ziehen durch die Kanäle *c* und die Öffnungen *o* in den Glühraum, wo die mit den Kohlenkörpern und Kohlenstaub gefüllten Tiegel stehen, und gehen durch die Öffnungen o' in den Fuchs. Da die bei *y* stehenden Tiegel weit weniger erhitzt werden als die auf der gegenüberliegenden Seite befindlichen, wird nach einiger Zeit die Richtung der Feuergase umgekehrt, was mit Hilfe der eisernen, mit Schamotte bekleideten Schiebetüren bewerkstelligt wird. Die Schieber *m* und m', *n* und n' und *p* und p' sind je an einem oberhalb des Ofens befindlichen Hebel befestigt, so daß sie rasch abwechselnd geöffnet und geschlossen werden können. Das Einsetzen und Herausnehmen der Tiegel erfolgt von oben aus durch die Öffnungen, welche durch Abheben der eisernen, mit Schamottesteinen ausgefütterten Deckel *d*

[1]) The manufacture of electric light carbons.

[2]) In Fig. 66 bedeuten die von links unten nach rechts oben verlaufenden Schraffen feuerfestes Mauerwerk, die senkrecht darauf stehenden Schraffen gewöhnliches, rotes Mauerwerk; in Fig. 67, 68 u. 75 ist die Bezeichnung umgekehrt.

sich ergeben. Die letzteren liegen im Bauhorizont, so daß der Heizraum vertieft angelegt wird.

Eine andere Ofenkonstruktion zeigt Fig. 67. Die Feuerung liegt bei *a*. Die Feuergase ziehen in die Heizkammer, in welcher die Tiegel *t* in 2 Reihen übereinander aufgestellt sind. Der Boden des Glühraums ist so mit Schamotteplatten ausgemauert, daß regel-



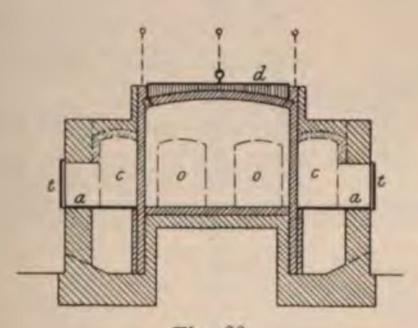


Fig. 66.

mäßig angeordnet viereckige Öffnungen *o* sich ergeben, welche unterhalb des Bodens in kleine Kanäle münden. Durch diese Öffnungen ziehen die Feuergase ab, erwärmen noch die am wenigsten der Hitze ausgesetzte Wand *w*, und gelangen endlich in den Abzugskanal *c*, welcher gewöhnlich die Abhitze mehrerer nebeneinander angeordneter Öfen aufnimmt. Die Füllung und Entleerung der Öfen erfolgt von oben mit Hilfe der Deckel *d*, welche mit

Laufkatze und Flaschenzug gehoben und seitlich weggeschafft werden. Die Erwärmung der Tiegel in diesem Ofen ist eine ungleichmäßige.

Wesentlich verschieden von allen anderen verwendeten Ofenkonstruktionen ist ein von J. Gasteiger in Wien (Fig. 68) konstruierter Ofen. Derselbe ist nicht für das Glühen der Kohlen in

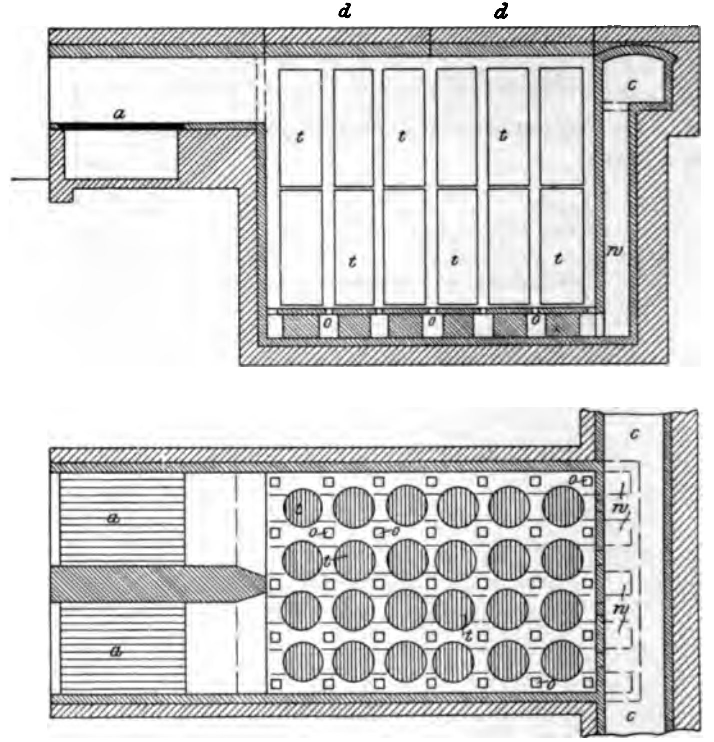


Fig. 67.

Tiegeln eingerichtet, vielmehr werden die Kohlen, in Bündel gepackt, direkt in Muffeln (Caissons) *m* eingesetzt und diese letzteren mit Kohlenstaub angefüllt. Der Vorteil des Ofens besteht darin, daß der Glühraum besser ausgenützt wird und weit größere Mengen von Kohle darin gebrannt werden können. Die bedeutenden Nachteile dieser Konstruktion sind aber: riesiger Verbrauch an Brennmaterial, herbeigeführt durch den Umstand, daß sehr dicke Schichten des Kohlenstaubes von außen nach innen erhitzt werden müssen, starke Überhitzung der Feuerungsgewölbe, welche gleichzeitig durch

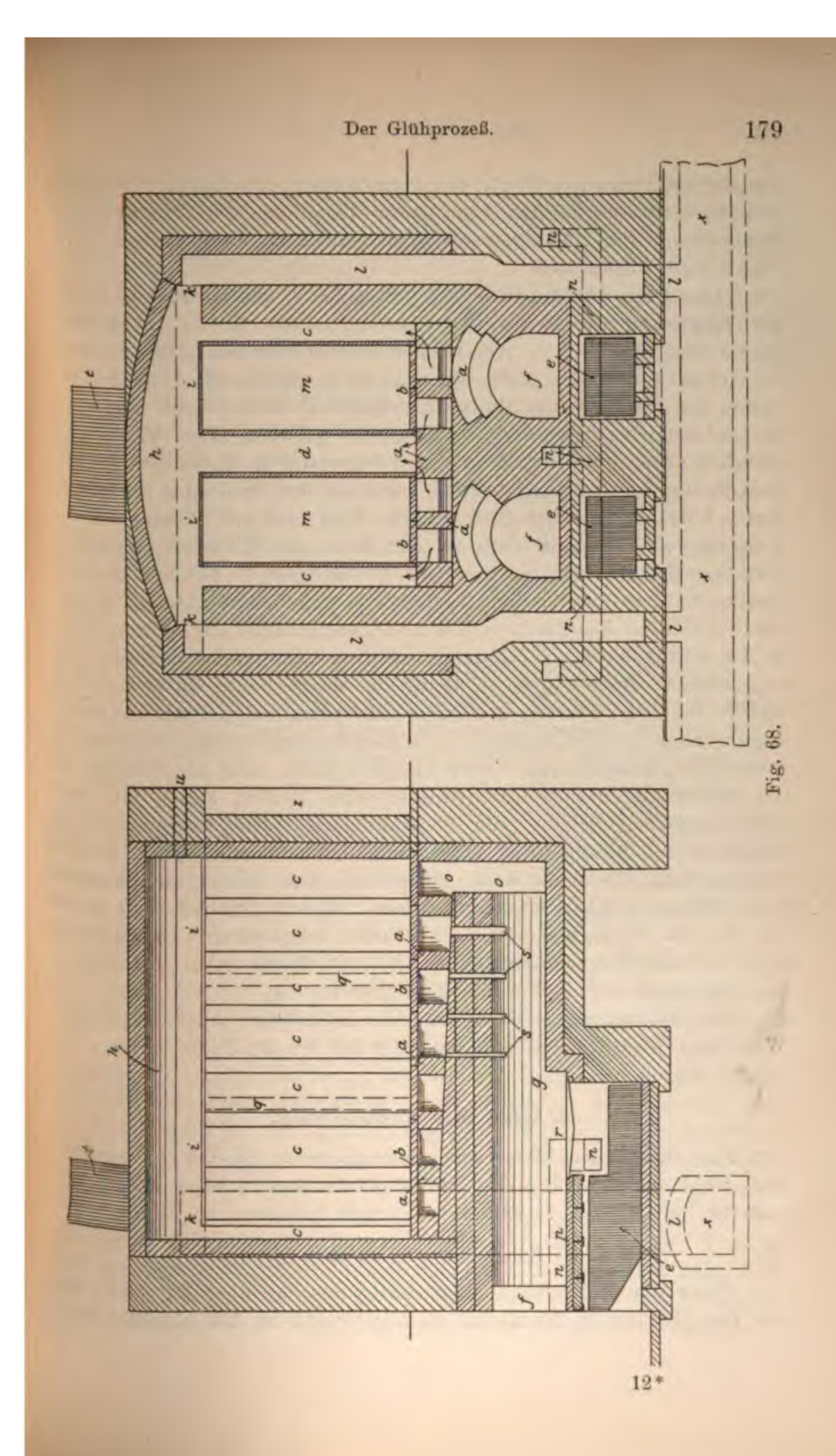


Fig. 68.

den darauf lastenden Druck des ganzen Ofens beansprucht werden und infolgedessen häufige Reparaturen veranlassen, sehr langsames Warmwerden und Abkühlen des Ofens, mühsame Manipulation beim Füllen und Ausnehmen.

Jeder Ofen hat 2 parallele Feuerungen *f*, bestehend aus einer der Entgasung dienenden Platte *p* und einem Rost *r*, unterhalb dessen ein Eisentrog *e* mit Wasser angeordnet ist. Die Dämpfe des Wassers und die durch die Kanäle *n* eintretende Luft durchziehen die darüber liegende glühende Kohle und es soll dadurch die Bildung von Wassergas veranlaßt werden. Die Feuergase streichen unter dem Gewölbe *g* hin, dringen durch die Schlitze *s* und die Öffnung *o* aufwärts und erhitzen den auf den Pfeilern *a* ruhenden Boden *b* des eigentlichen Glühraumes. Von hier aus steigen sie an den Wänden *c* und in dem in der Mitte des Glühraumes aufgemauerten Kanälen *d* empor bis unter das Gewölbe *h*, ziehen zwischen diesem und den mit Schamotteplatten *i* zugedeckten, mit Kohlenstaub gefüllten Kammern *m* hin und gehen durch die Öffnungen *k* in die Abzugskanäle *l*. Jede der beiden Glühkammern wird, um eine bessere Erhitzung zu ermöglichen, durch hohle Querwände *q*, welche bei jeder Füllung des Ofens aufgebaut, bei jeder Entleerung abgebrochen werden müssen, in 3 Abteilungen zerlegt, welche infolgedessen allseitig vom Feuer umspielt sind. Nur die beiden an die Füllöffnungen *z* grenzenden Kammern werden außen hin mit einer einfachen Schicht von Schamotteziegeln abgeschlossen. In dieser Wand bleibt oben eine verschließbare Öffnung *u*, durch welche man die nach dem Abbrennen des Teeres eingesetzten Segerschen Kegel beobachten kann. In den Blechkästen *t* wird das für die Wannen *e* bestimmte Wasser vorgewärmt. Gewöhnlich sind mehrere Öfen nebeneinander an einem Ofenkanal *x* angeordnet, der Zug wird durch eine Glocke reguliert.

Das Füllen, der Glühprozeß, das Abkühlen, Ausnehmen der Ware und Reparieren des Ofens erfordert 8—10 Tage.

2. Öfen mit Gasfeuerung.

Für den heute allein noch ertragreichen Betrieb im großen sind wohl ausschließlich Öfen mit Gasfeuerung in Verwendung, in neuerer Zeit wird auch schon Wassergas benützt.

a) Ringofen von J. Meiser.

Unter den zahlreichen Konstruktionen von Ringöfen hat sich die von Meiser in Nürnberg ziemlich rasch in den Kunstkohlen-

fabriken eingeführt. Dieselbe ist eine Modifikation des Escherichschen Ringofensystems. In den Figuren 69—71 ist der Ofen in den verschiedenen Ansichten dargestellt, die Ebenen der Schnitte sind durch Ziffern bezeichnet.

Die Heizgase treten aus den Generatoren *L* in den Sammler *N* und gelangen von diesem in den Gaskanal *C*, welcher durch ein großes Ventil *Z* abgesperrt werden kann. Der Gaskanal *C* läuft in der Mitte des ganzen Ofens und kann mit Hilfe der Röhren *R* und der mit Ventilen *V* versehenen blechernen Doppelknierohre *B* nach Bedarf mit den Kammern *K* in Verbindung gebracht werden. Im letzteren Falle strömen die Heizgase durch die Räume *D* nach abwärts, sodann in die Kanäle *E*, welche am Boden und an den beiden Seitenwänden jeder Kammer verlaufen, um von hier durch zahlreiche feine Öffnungen in das Innere der Kammern zu gelangen, wo sie mit der vorgewärmten Verbrennungsluft zusammentreffen und sich entzünden. Das U-förmige Stück *B* ist durch Sandver-

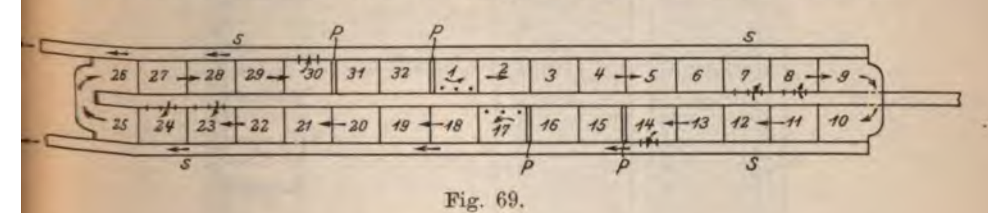


Fig. 69.

schluß abgedichtet. Steht die Kammer nicht im Feuer, so sind diese Öffnungen durch flache Deckel *d* geschlossen. Das Ventil *V* kann durch Stifte, welche in die Löcher der Stange *a* gesteckt werden, in verschiedener Höhe befestigt werden.

Außer durch die Löcher *O* der Heizräume *E* strömt auch das Gas durch die Schamotteröhren *F*, damit auch die anderen Seitenwände erhitzt werden. Zwischen den Schamotteröhren *F* befindet sich noch ein Gitterwerk *G* aus Schamottesteinen, welche nach den Kammern zu spitz zulaufen. Dieses Gitterwerk wird erhitzt durch die aus den feinen Öffnungen *c* entströmenden Gasstrahlen. Die Luft tritt, entfernt vom Eintritt der Gase, bei derjenigen Abteilung ein, welche bereits stark abgekühlt ist und vollends erkalten soll. Zu diesem Zweck werden die U-förmigen Blechrohre *B* beseitigt, die dadurch bloßgelegten Öffnungen des Gaskanals *R* mit den erwähnten Deckeln *d* verschlossen, während die Öffnungen *l* offen bleiben und der Luft den Eintritt in das Kammersystem gestatten. Gewöhnlich bewirkt der Verbrennungsprozeß selbst das Ansaugen der Luft, manchmal ordnet man links und rechts vom Gaskanal *c*

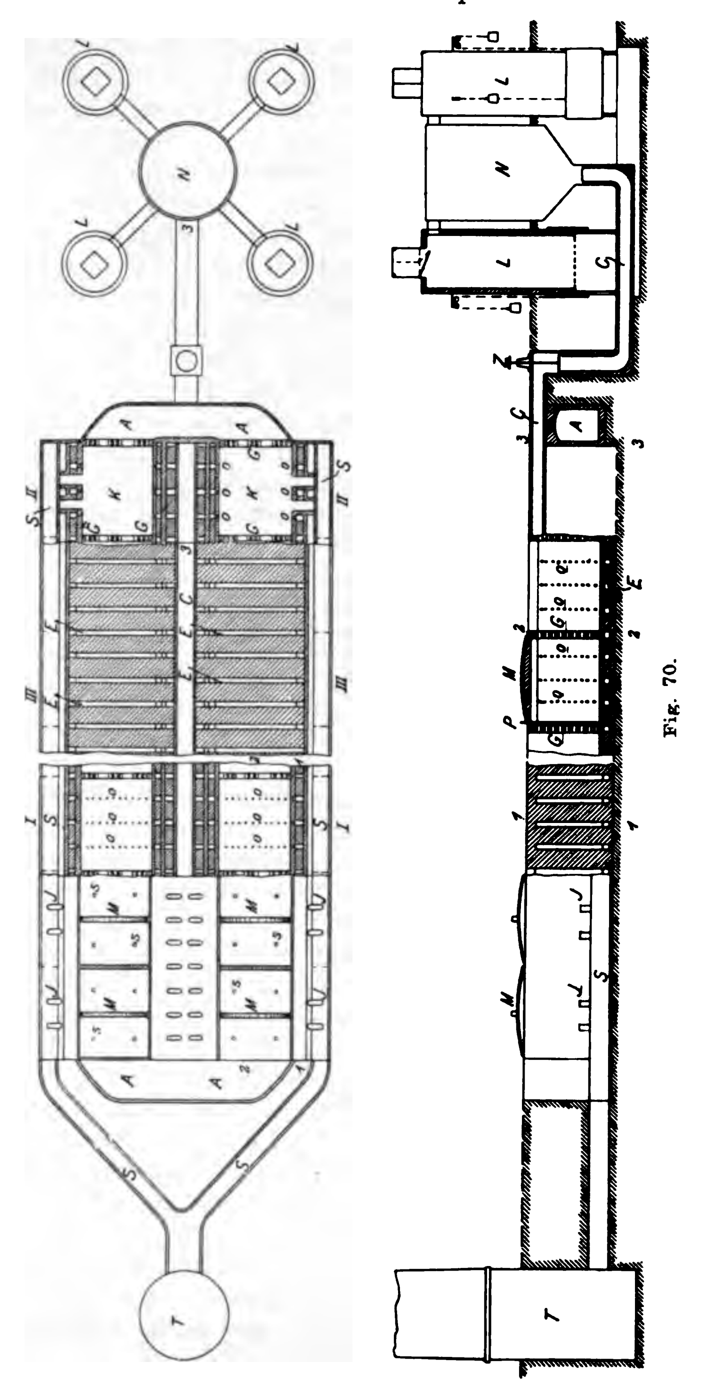


Fig. 70.

ei Luftkanäle an und treibt die Luft mit Hilfe eines Ventilators den Ofen. Auch kann man einen eigenen Kanal für Wassergas en dem Gaskanal anordnen, wenn letzteres Gas nicht allein, dern bloß zum Scharfbrennen benützt werden soll. Die eintende Luft nimmt zunächst denselben Weg wie das Gas *D*, *E*, *O*,

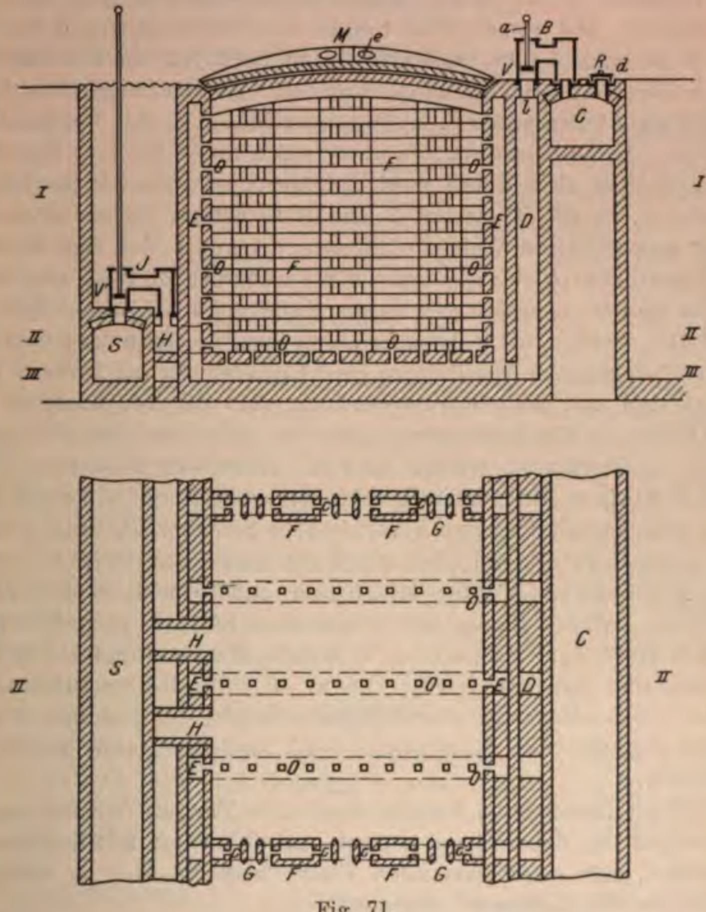


Fig. 71.

eicht dann durch die Gitterwerke *G* der folgenden Kammern, bei sie, während die auskühlenden Abteilungen ihre Wärme aben, stark vorgewärmt wird. In der Regel durchstreicht die ft 5—6 Abteilungen, bevor sie zur Verbrennung kommt. Nachn dies geschehen, treten die Verbrennungsgase in gleicher Weise die folgenden Kammern, welche allmählich angeheizt werden.

Zuletzt entweichen die Gase in den Schornsteinkanal *S*. Zu diesem Zweck besitzt jede Abteilung zwei Kanäle *H*, welche durch die U-förmigen Blechrohre *J* und die Ventile *V'* mit dem Hauptkanal kommunizieren. Soll eine Kammer mit dem Kanal *S* in Verbindung gesetzt werden, so müssen die Ventile *V'* geöffnet werden. Die Art des Betriebes sei an dem schematischen Grundriß (Fig. 69) kurz beschrieben. Der ganze Ofen besteht aus 32 Kammern, deren jede etwa 2 m lang, 1,5 m breit und 1,5 m hoch ist. In der Mitte des ganzen Ofens läuft der Gaskanal *C*, an den äusseren Längsseiten liegen die beiden Abhitzkanäle *S*, welche gemeinsam in den Schornstein *T* münden. Je 16 Kammern liegen nebeneinander in einer Reihe, die beiden Reihen sind durch zwei Kanäle *A* miteinander verbunden. Es seien z. B. die Kammern 7 und 8 in vollem Feuer; dann tritt in der angedeuteten Weise bei Kammer 7 und 8 das Gas durch je vier Blechröhren *B* ein: die Luft strömt jedoch schon bei 1 ein, durchstreicht die bereits erhitzt gewesenen Kammern 1—6, wobei dieselben abgekühlt werden, dient dann in 7 und 8 zur Verbrennung und zieht durch die folgenden Abteilungen 8—14 ab, welche mit frischer Ware besetzt sind und vorgewärmt werden. Aus der 14. Kammer geht die Abhitze in die Schornsteinkanäle *S*. Die Kammern 15 und 16 werden entleert und wieder gefüllt. Dieselben müssen natürlich von dem übrigen Ringsystem geschieden werden und dies geschieht durch eiserne mit Schamotte verkleidete Schieber *P*, welche durch einen eigenen Schlitz bei jeder Abteilung eingesetzt werden können. Jede Abteilung ist ferner mit einem gußeisernen Deckel *M* geschlossen, welcher innen mit feuerfesten Steinen ausgefüttert ist und mit Hilfe der Öffnungen *e*, in welche Haken eingeführt werden, gehoben und gesenkt werden kann. *s* sind die Schauöffnungen, welche zur Beobachtung des Glühprozesses in der Kammer dienen. Gleichzeitig mit den Kammern 1—14 sind die Kammern 17—30 in Betrieb.

Die zu brennenden Kohlen werden in Tiegeln aus feuerfestem Ton eingesetzt, diese Tiegel sodann möglichst fest mit Kohlenstaub vollgefüllt, mit einer passenden Platte bedeckt und so dicht als möglich in die Kammern eingesetzt.

Um Elektroden von großem Querschnitt zu brennen, kann man keine Tiegel benützen. In diesem Falle werden die Kammern etwas anders gebaut: es werden dann auf dem Boden derselben aus Schamotteplatten kleine Muffeln (Caissons) gebaut, in welche die Elektroden eingesetzt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Gas-Ausströmungsöffnungen *O* am Boden so viel als möglich freibleiben müssen. Nachdem die Caissons mit Ware und Kohlen-

staub gefüllt sind, werden sie mit einer Schamotteplatte zugedeckt. Vorzüge dieses Ringofens sind die gleichmäßige und gründliche Erhitzung des Glühgutes, sowie die gute Regulierbarkeit der Temperatur, Nachteile die komplizierte aus vielerlei Façonsteinen hergestellte und daher teure Konstruktion sowie die Ablagerung teeriger Substanzen in den vielen engen Kanälen.

b) Mendheims Brennofen mit Gasfeuerung und kontinuierlichem Betriebe.

Dieser in der keramischen Industrie altbewährte Brennofen wird auch in der Kunstkohlenfabrikation verwendet. Von einer Beschreibung desselben soll hier abgesehen werden, da solche in alle Lehrbücher der chem. Technologie übergegangen sind.[1]) Der Kammer-Ringofen bietet folgende Vorteile: der Betrieb läßt sich mit großer Genauigkeit und Sicherheit handhaben und die Erhitzung des Glühgutes ist eine gründliche und besonders bei hohen Temperaturen ökonomische, die einzelnen Abteilungen sind in höherem Grade voneinander unabhängig als beim gewöhnlichen Ringofen, ferner sind Explosionen weniger verheerend, weil die schweren eisernen Deckel der Kammern fehlen. Als Nachteil hingegen ist zu bezeichnen: die komplizierte Konstruktion, namentlich eine große Anzahl schwer zugänglicher Kanäle, in welchen sich die in den Heizgasen enthaltenen Teerdämpfe niederschlagen. Dieser Übelstand ist beim Glühen von Kunstkohlen um so größer, als sich beim Anheizen der Ware sehr beträchtliche Mengen flüchtiger Produkte entwickeln und die Verunreinigung der Kanäle dadurch eine sehr bedeutende wird (siehe Ofenbetrieb).

c) Jehls Glühofen.[2])

Derselbe ist eine spezielle Ausgestaltung des Bockschen Kanalofens.[3]) Fig. 72a gibt den Gesamtgrundriß, Fig. 73 den Grundriß des eigentlichen Ofens, Fig. 74 den Schnitt I—I und Fig. 72b u. c den Wagen und Bestandteile desselben.

---

[1]) Segers Notizblatt für Fabrikation von Tonwaren. 1872. S. 158. Brennofen mit Gasfeuerung von Georg Mendheim. Berlin. A. Seydel. 1876. Deutsche Bauzeitung 1872 No. 16 und 1875 No. 77. In Fischer-Wagners Technologie findet sich eine knappe, aber gute Beschreibung, während die Darstellung in Dammers Technologie unzureichend ist. Siehe auch Jehls öfter zitiertes Buch und E. Schmatolla, Die Gaserzeuger und Gasfeuerungen 1901, S. 75.

[2]) Jehls Manufacture of carbons. London 1899.

[3]) Siehe Stegmann, Die Bedeutung der Gasfeuerung und Gasöfen. Berlin 1877. S. 153.

Das Generatorgas tritt aus dem Generator *G* durch den Kanal *g* in den Ofen ein. Um Wärmeverluste zu vermeiden, sind die Generatoren in unmittelbarer Nähe des Ofens angebracht. Aus dem Kanal gelangt das Gas durch die Ventile v_1 v_2, welche mit Hilfe der Handhaben *r* bewegt werden, in die Kammer *R*. Die Vertiefung *d* dient zur Ansammlung teeriger Produkte, welche durch die Röhre *d'*

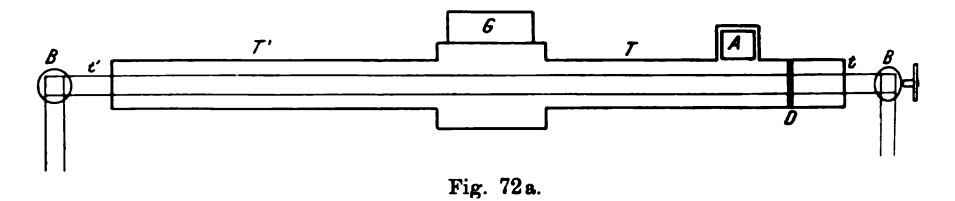


Fig. 72a.

entfernt werden können. Diese Öffnung bleibt für gewöhnlich geschlossen. Aus der Kammer *R* ziehen die Gase durch die Zweigkanäle, deren je 3 nebeneinander angeordnet sind *c*, in die fire boxes *f*. Die zuströmende Gasmenge kann durch die Schieber *Ee* beschränkt oder vermehrt werden. Die Verbrennungsluft tritt bei *b* oder b_1 ein, geht dann, je nachdem von der linken oder rechten

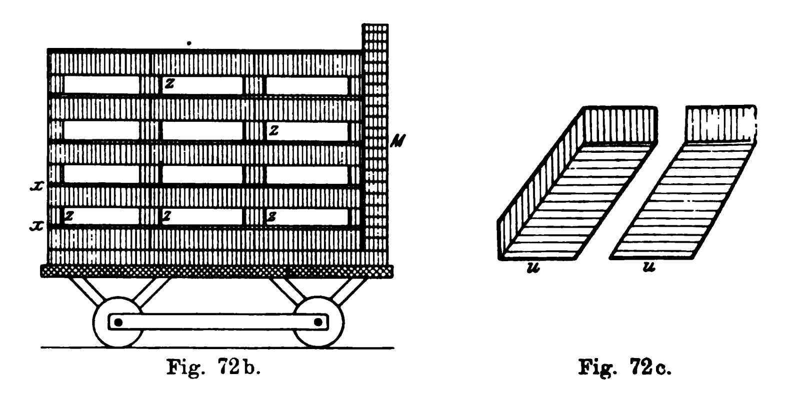


Fig. 72b. Fig. 72c.

Seite aus geheizt wird,[1]) nach *b'* oder b'_1, von da in den Regenerator *C*, wird in diesem vorgewärmt, und strömt durch die Öffnungen *a* nach aufwärts, worauf sie sich mit den Gasen mischt und diese zur Verbrennung bringt. Die heißen Gase ziehen durch den Ofenraum, erhitzen die Ware, und strömen auf der andern Seite wieder durch die Öffnungen des Regenerators *a* in diesen ab, wobei sie ihn erhitzen. Von hier gehen sie durch b_3 b'_3 (wie in der Zeichnung),

[1]) In der Zeichnung wird von der rechten Seite aus geheizt.

oder durch $b_2 b'_2$ nach dem Schornstein A, während die Schieber e $e_1 e_2 e_3$ zur Herstellung der nötigen Verbindungen, sowie zur Regulierung des Zuges dienen. m sind Kanäle, welche als Zugang zu den Kanälen $b'_1 b'_1$ u. s. w. dienen, welche aber während des Betriebes geschlossen sind. nn sind ähnliche Kanäle, um zu den Kammern R zu gelangen, falls dies nötig. pp sind Gucklöcher, welche mit Glimmerplatten geschlossen sind.

Auf beiden Seiten des Ofens befindet sich ein Tunnel, in welchem Waggons laufen, deren Gestell aus Schmiedeeisen hergestellt ist. Eine Leiste aus gleichem Material greift in die Nute K, welche mit Sand gefüllt ist, so daß das Wagengestell vor der Einwirkung der Hitze bewahrt wird. Auf der Platte der Waggons befindet sich eine Sandlage und auf dieser eine Decke bester Schamottesteine. An jedem Ende des Waggons ist eine Mauer aus Schamottesteinen M (Fig. 72 b) aufgeführt, welche den Querschnitt des Tunnels soweit als möglich ausfüllt. Man erhält so eine Art Kammersystem, wobei jeder Waggon eine Kammer vorstellt. In der Zeichnung ist der Waggon W_3 in vollem Feuer. Die Waggons W_0, W_1, W_2 sind bereits im Feuer gewesen. Die Ventile und Schieber E_1 $ee_2 v_1$ sind geschlossen, $e_1 e_3 E_2 v_2$ dagegen offen. Die Luft tritt bei h_0 ein, geht durch die heißen Waggons W_0, W_1, W_2 mit Hilfe der Übergänge $h_1 h_2$, tritt dann nach b_1, von da nach b_1' und hierauf in den rechten Generator. Nun folgt die Verbrennung der Gase

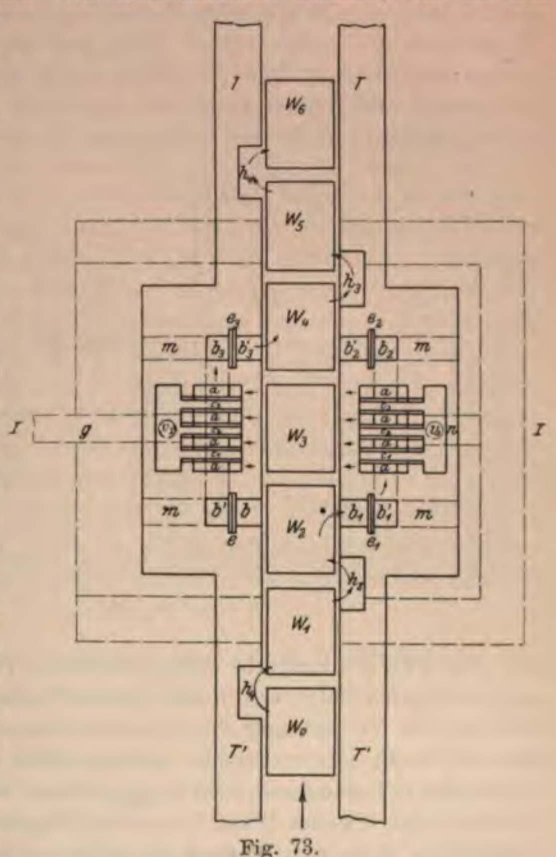


Fig. 73.

und die Erhitzung des eigentlichen Ofens, worauf die heißen Gase durch den Generator C_1 und b_3 und b_3' in den Wagen W_4 und aus diesen in die folgenden Wagen W_5, W_6 u. s. w. mit Hilfe der Übergänge h_3, h_4 u. s. w. ziehen, wobei diese Wagen mit ihrem Material vorgewärmt werden. Ist ein Waggon genügend ausgeglüht, so wird die ganze Wagenreihe vorwärts geschoben, und der folgende Wagen gelangt in den Ofen. Diese Bewegung geschieht entgegengesetzt dem Strömen der Gase, also von T gegen T' hin. Bei T' ist der Tunnel offen, dort strömt die Luft ein, auf der Seite T strömt das abgekühlte Gas in den Schornstein A. Bei D (Fig. 72a) befindet

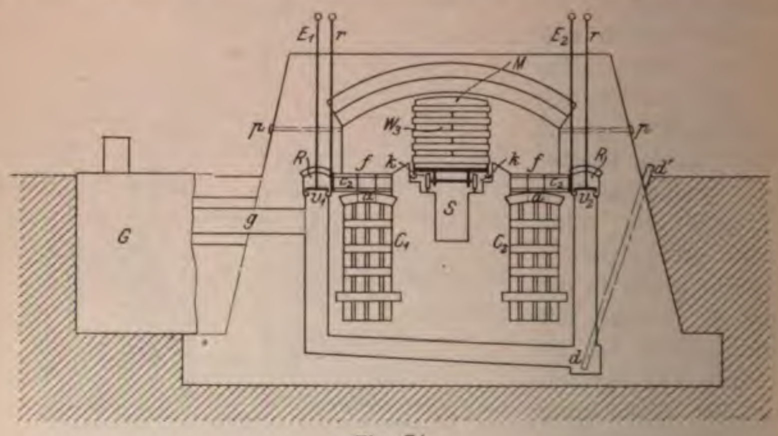


Fig. 74.

sich eine gut schliessende schmiedeeiserne Tür. Die Bewegung des ganzen Zuges erfolgt durch eine große Transportschraube oder eine hydraulische Vorrichtung P. An jedem Tunnelende befindet sich eine Drehscheibe B. Der mit fertiger und gekühlter Ware beladene Waggon kommt bei t' heraus und wird weggefahren, während ein bei t angefahrener, mit frischer Ware bepackter Wagen durch die Bewegungsvorrichtung P in den Tunnel eingeführt wird; bei dieser Prozedur muß natürlich die Schiebetür D offen sein. Nach der Einführung wird die Schiebetür und das Ende t verschlossen.

Die Vorteile dieses Systems sind nach der Angabe des Autors die folgenden: 1. Gründliche Ausnutzung des Brennmaterials. 2. Die Kosten der Erbauung und Erhaltung des Ofens sind geringer wie bei den Ringöfen. 3. Der Ofen selbst ist immer in voller Glut, so daß keine Wärme für das Anheizen vorloren geht. 4. Das Ausglühen geschieht sehr gründlich und gleichmäßig, weil die Richtung der Feuergase geändert werden kann. 5. Die Manipulation der

Ofenfüllung fällt weg, ebenso das Entleeren. Die Kohlen werden im Packraum auf die Wagen gepackt, die gebrannte Ware wird im Magazin abgeladen, alle bei anderen Öfen nötigen Zwischenmanipulationen fallen weg.

Die Beschickung des Wagens geschieht in folgender Art: aus Schamottestücken *u* Fig. 72c wird eine Art Trog auf dem Wagen errichtet; diese Stücke werden mit feuerfestem Ton verschmiert und in diese Wanne wird Kohlenstaub gebracht, auf welchen die Kohlen-Elektroden u. s. w. gelegt werden, ein paar Schamottesteine dienen als Stütze für die Decke. Die Kohlenkörper werden wohl mit Kohlenstaub bedeckt, dann wird die Decke in Form von Schamotteplatten *x* daraufgelegt. Nun folgt eine Lage von feuerfesten Ziegeln *z*, welche so angeordnet sind, daß sie einerseits den Feuergasen den Durchgang durch die Ladung gewähren, anderseits dem folgenden Trog eine Stütze bieten, wie dies aus der Abbildung ersichtlich. In dieser Weise werden 4—5 Schichten aufeinander gestellt, bis der Querschnitt des Tunnels möglichst ausgenützt ist. Es ist billiger, die Tröge aus Stücken herzustellen, als im ganzen, weil ein etwaiger Bruch im ersteren Falle leichter und billiger gut gemacht werden kann. Die Erhitzung der Kohle ist sehr gleichmäßig und geht bei der geringen Dicke der zu erhitzenden Schichten rasch vor sich. Man kann auch andere Formen der Tröge, Tiegel u. s. w. wählen. Dies ist bei großen Kohlenkörpern nötig.

Über neuere Kanalöfen mit ringförmigem Kanal siehe Dinglers Polyt. Journal 1901, S. 421 u. 444.

d) Ofen mit Regenerativfeuerung (nach F. Siemens).

Derselbe ist von den für die Martinstahl- und Glasbereitung bestimmten Öfen nicht wesentlich verschieden.

Figur 75 soll die Konstruktion desselben erläutern. *a* sind die zu einem Ofen gehörigen beiden Generatoren mit Fülltrichter *f*, Schürlöchern *s* und Treppenrost *t*. *g* bedeutet die Schürgrube. Jeder Generator läßt sich durch eine Klappe *b* von dem Gaskanal *c* absperren, um Reparaturen vornehmen zu können. Die Generatorgase ziehen durch den Gaskanal *c* und das Rohr *x* zu der Gaswechselklappe *h*, welche in Fig. 75 links unten im Querschnitt abgebildet ist. In der dargestellten Stellung zieht das Gas von der Gaswechselklappe, welche noch außerdem ein Regulierventil *r* enthält, durch den Kanal *k* zum eigentlichen Ofen und tritt dort in den Gasregenerator *m* ein, welcher vorgewärmt ist und in dem sich nun das Gas erhitzt, indem es durch das gitterförmige Mauerwerk desselben streicht. Die Innenwand

des Gaskanals vom Generator an, sowie das gesamte Mauerwerk des Regenerators ist aus feuerfesten Steinen hergestellt, während das Äußere der gesamten Ofenanlage aus gewöhnlichen roten

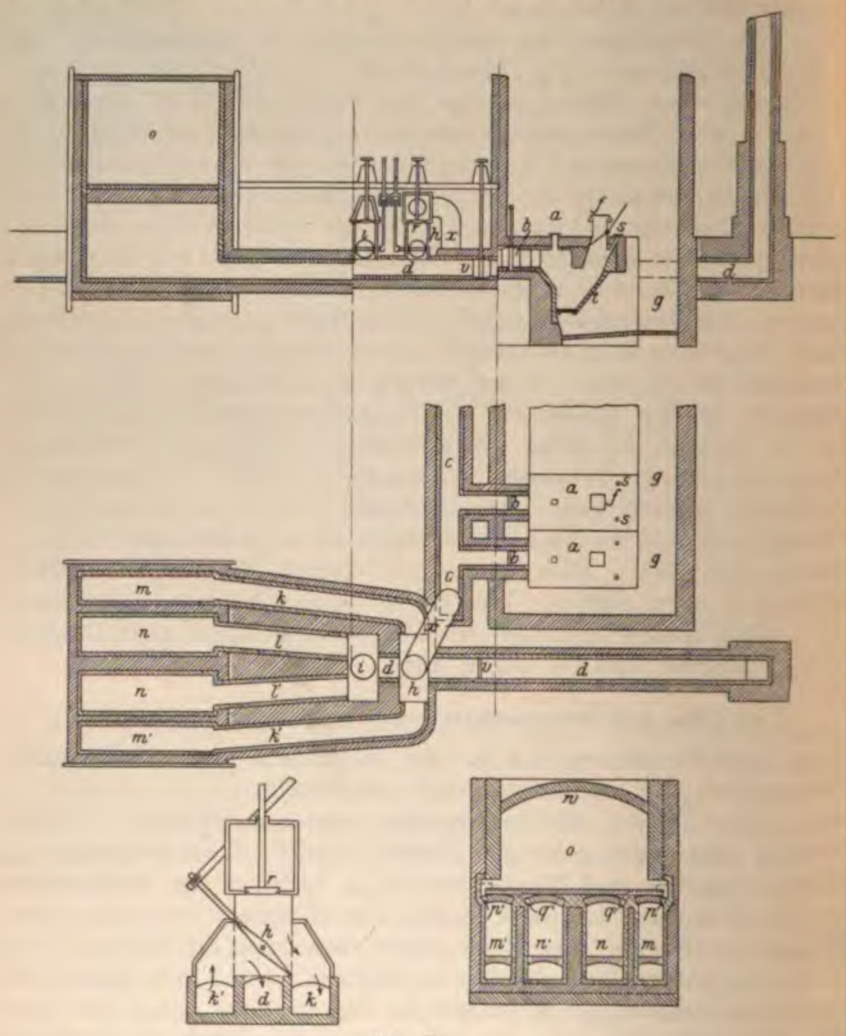


Fig. 75.

Backsteinen gemauert ist; die gewöhnliche Mauerung ist von de Schamottemauerung in der Figur durch die Schraffierung unte schieden.[1]) Die zur Verbrennung nötige Luft tritt durch die Luf

[1]) Siehe Anmerkung S. 176.

wechselklappe i in den Ofen ein, welche ganz so wie die Gaswechselklappe eingerichtet und wie diese aus Gußeisen hergestellt ist. Nur mündet das Regulierventil in die freie Luft, welche durch den im Ofen herrschenden Zug angesogen wird. Bei der zur Darstellung gebrachten Stellung zieht die kalte Luft durch den Luftkanal l in den Luftregenerator n, welcher dem größeren Volumen der zur Verbrennung nötigen Luft entsprechend größer ist als der Gasregenerator. Die Luft wird nunmehr vorgewärmt. Heizgas und Luft ziehen nun im erhitzten Zustande durch die Kanäle $p\,q$ in den Ofenraum o, in welchem die Büchsen mit den zu glühenden Kohlen in einer oder auch zwei Schichten übereinander aufgestellt sind. Hier findet nun die Verbrennung und dadurch die Erhitzung der Tiegel statt. Die heißen Verbrennungsgase ziehen auf der anderen Seite des Ofens durch die Kanäle $p'\,q'$ teils in den Luft-, teils in den Gasregenerator n' und m' ab und erhitzen dieselben. Das Gasgemisch, welches nunmehr den größten Teil seiner Wärme abgegeben hat, strömt durch l' und k' teils zur Luft-, teils zur Gaswechselklappe und von diesen in den Schornsteinkanal d. Werden die beiden Wechselklappen um 90° gedreht, so machen Gas und Luft den umgekehrten Weg, d. h. sie ziehen zur Vorwärmung in die Regeneratoren m' und n', von da in den Ofen, während die Verbrennungsgase in die Regeneratoren m und n und von da durch die Wechselklappen in den Schornsteinkanal strömen. Alle 20—25 Minuten werden die Klappen umgestellt, damit die bisher zur Vorwärmung der kalten Luft und des Gases dienenden und sich abkühlenden Regeneratoren aufs neue erhitzt und die bisher durch die abziehenden Gase vorgewärmten Regeneratoren nicht übermäßig erhitzt werden, weil im letzteren Falle die Erhitzung bis zu den eisernen Wechselklappen vordringen und diese beschädigen könnte. Der eigentliche Ofenraum (Muffel), welcher mit einem Gewölbe w aus feuerfesten Steinen versehen ist, hat an seiner schmäleren Seite eine gewölbte Eingangstür, welche nach der Beschickung jedes Ofens mit Schamottesteinen vermauert wird. Ein Ziegel bleibt lose, damit man gelegentlich in das Innere des Ofens sehen und das Verhalten der Segerschen Kegel beobachten kann.

In neuerer Zeit baut die Aktiengesellschaft für Glasindustrie vormals F. Siemens in Dresden ihre Öfen mit sogenannter chemischer Regeneration, indem ein Teil der aus den Regeneratoren entweichenden Verbrennungsgase durch Düsen in die Generatoren eingeblasen wird, wobei unter dem Einfluß der glühenden Kohle die Kohlensäure der Abgase in Kohlenoxyd, der Wasserdampf in Wasserstoff und Kohlenoxyd übergeführt wird (D. R. P. 114531).

Dadurch sowie durch den unmittelbaren Anbau der Generatoren an den Ofen, infolgedessen die Gase heiß einströmen, soll eine beträchtliche Brennstoffersparnis erzielt werden.[1])

Für kleinere Betriebe mögen sich Siemenssche Öfen ganz gut eignen, obwohl zu berücksichtigen sein wird, daß in diesem Fall die bedeutenden Anlagekosten in keinem günstigen Verhältnis zur Produktion stehen, für große Betriebe werden sie aber mit den Ringöfen nicht konkurrieren können, weil dieselben ohne besondere Regeneratoren denselben Zweck erreichen. Ein anderer Grund, warum für die Kunstkohlenfabrikation sich die Siemensschen Öfen nicht eignen, ist derselbe wie bei den keramischen Industrien: nämlich die lange Dauer einer Charge. Man wäre genötigt, eine große Zahl solcher Öfen nebeneinander zu stellen, und dann sind die Baukosten natürlich weit höher als bei einem gleich leistungsfähigen Ringofen.

Hingegen ist zu bemerken, daß durch die wechselnde Flammenrichtung der Glühprozeß ein sehr gründlicher ist.

e) Ofenbetrieb.

Jeder neu erbaute Ofen muß, nachdem er lufttrocken geworden, vorgewärmt werden, um die überall im Mauerwerk befindliche Feuchtigkeit zu verdampfen. Hierauf muß der Ofen genau untersucht und jene Schäden repariert werden, welche durch die während der Austrocknung stattfindende Bewegung des Mauerwerks entstanden sind. Bei Öfen mit direkter Feuerung kann dann der Betrieb ohne weiteres eröffnet werden. Bei Gasfeuerungen muß man, um Explosionen vorzubeugen, natürlich dafür sorgen, daß die Luft aus den das Gas zuführenden Kanälen so vollständig als möglich verdrängt ist. In erhöhtem Maße gilt dies für Wassergasfeuerung. Auch während des Betriebes muß dafür gesorgt werden, daß keine Luft in die Heizgase gelangt.

Das Einsetzen der Kohlen erfolgt in der Regel in feuerfesten Tiegeln. In dieselben wird zunächst etwas Kohlenstaub eingefüllt, dann werden die Bündel von Lichtkohlen, Elektroden u. s. w. eingesetzt, wobei der zur Verfügung stehende Raum nach Tunlichkeit ausgenutzt wird, und nun füllt man die Zwischenräume mit Kohlenstaub aus, wobei man durch vorsichtiges Drehen und Klopfen des Tiegels dafür sorgt, daß der Inhalt des Tiegels möglichst fest eingebettet ist. Dabei ist anderseits darauf zu achten, daß die Teer-

[1]) Siehe E. Schmatolla, die Gaserzeuger und Gasfeuerungen 1901, S. 87.

dämpfe bei dem Glühprozeß leicht entweichen können. Runde Kohlenkörper, z. B. Lichtkohlen, kleinere Elektroden und dergl., können daher in Paketen, welche man bisweilen zum Schutz vor dem Anbrennen des Staubes in Papier einschlägt, eingesetzt werden, weil sie zwischen sich genügende Zwischenräume lassen, Kohlen von viereckigem Querschnitt dürfen dagegen nicht paketiert werden, da sie sonst mit ihren ganzen Flächen aneinander liegen und infolgedessen leicht aneinander backen, sich verziehen und krumm werden. Die Kohlenstaubfüllung, welche den Zweck hat, die eingesetzte Ware vor dem Anbrennen zu schützen, besteht entweder aus Kohlenabfällen, welche lediglich zu diesem Zweck verwendet werden, oder aber man benutzt kleingeschroteten Anthracit oder Petrolkoks, welcher später auf Kunstkohlen verarbeitet werden soll und beim Glühprozeß von flüchtigen Anteilen befreit wird (s. Petrolkoks S. 52). Dieses Verfahren hat den großen Vorteil, daß man den sogenannten Entgasungsprozeß der Rohmaterialien in eigenen Öfen erspart, jedoch tritt hierbei der Übelstand auf, daß die erwähnten gashaltigen Kohlen bei der hohen Glühtemperatur sehr stark ihr Volumen verkleinern, so daß der obere Teil der eingesetzten Ware gegen Ende des Glühprozesses freiliegt und anbrennen kann, sowie daß die Entleerung der Tiegel dadurch erschwert ist, daß die einzelnen Partikeln des Kohlenpulvers sich fest zusammensetzen und manchmal zum Teil zusammenbacken.

Die für den Glühprozeß nötigen Tiegel werden stets in den Kohlenfabriken selbst hergestellt. Sie haben gewöhnlich 20—40 cm Durchmesser und 80—150 cm Höhe bei einer Wandstärke von 30—40 mm. Sie halten nach Brandt[1]) 6—15 Chargen aus. Die unbrauchbar gewordenen Tiegel werden zerschlagen und grob gepulvert und dieses Material mit zur Herstellung neuer Tiegel verwendet, wozu es vorzüglich geeignet ist. Außerdem werden als Rohmaterialien eisen- und kalkarme Tone (Kaolin) sowie Quarz verwendet. Die ungebrannten Tone dienen als Bindemittel. Besonders geeignet sind dazu homogene, sandfreie Tone, welche geringe Mengen organischer Substanzen enthalten und infolgedessen eine graugrüne oder blaugraue Farbe besitzen. Man läßt sie zunächst lufttrocken werden, wobei sie zu ziemlich harten Klumpen werden, welche sich mit der Hand nur schwer zerdrücken lassen. Sodann wird die Masse auf einem Stampfwerk pulverisiert und zur Beseitigung gröberer Beimengungen durch ein mäßig feines Sieb gedrückt. Der Schamottebruch und etwaige andere Materialien

[1]) Chemiker-Zeitung. 1901. S. 981.

(gebrannter Kaolin, Quarz u. dergl.) werden auf einem Kollergang gemahlen, so daß das erhaltene Mahlgut Staub- bis höchstens Erbsengröße besitzt. Nunmehr wird dieses letztere Produkt durch ein grobes Sieb geworfen und mit dem Ton auf einer hölzernen Plattform gemischt, wobei entweder das Material in hölzernen Gefäßen abgemessen oder gewogen und die zur Erzielung eines plastischen Teiges nötige Wassermenge hinzugefügt wird (auf drei Volumteile Masse etwa ein Volumteil Wasser). Hierauf wird die Masse mit hölzernen Stößeln gut durchgearbeitet, zusammengeballt mit einem feuchten Tuch bedeckt und diese Prozedur des Stampfens täglich durch längere Zeit wiederholt. Je gründlicher und länger die Masse durchgearbeitet wird, desto gleichmäßiger und besser wird sie. Graphit oder Holzkohle pflegt man den Tiegeln für Kunstkohlenfabrikation nicht zuzusetzen. Man kann etwa zwei Gewichtsteile gebrannten Ton oder Tiegelbruch auf einen Gewichtsteil ungebrannten Ton anwenden. Durch Drücken und Klopfen werden schließlich die Luftblasen beseitigt und die Tiegelmasse in Portionen von entsprechender Quantität abgewogen. Das Formen der Tiegel geschieht entweder durch Handarbeit mit Hilfe hölzerner oder eiserner Formen, meist aber mit Hilfe von Tiegelpressen, welche den in der Tiegelgußstahlfabrikation[1]) verwendeten ganz ähnlich, nur größer sind.

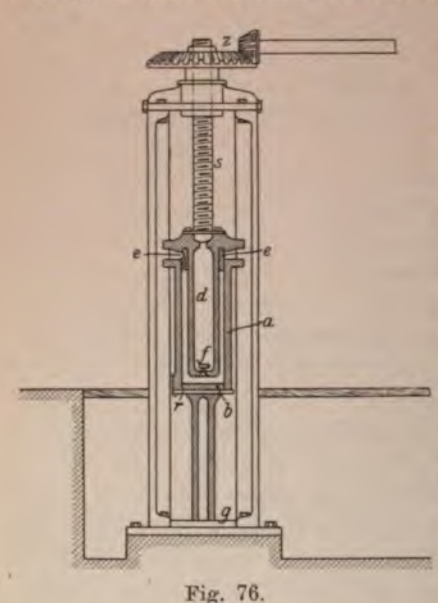


Fig. 76.

Eine solche Presse nach dem System **Pérard** zeigt Fig. 76. *a* ist die Hohlform, in welche die abgewogene Menge des Tiegelmaterials eingefüllt wird; dieselbe hat einen losen Boden *b*, die zylindrische Wandung ruht auf einer abschraubbaren Ringscheibe *r*. Der mit Hilfe einer Schraube *s* und des Zahnradgetriebes *z* bewegliche Hohlkörper (Mönch) *d* wird nun in die Hohlform *a* hineingepreßt, so daß das Material zwischen *a* und *d* emporquillt; die

[1]) **Wedding**, Eisenhüttenkunde, 1874. 3. Abt. 624.

Luft und ein etwaiger Überschuß des Materials kann bei dem Loche *e* entweichen, welches in dem Verschlußring angebracht ist. Der Hohlkörper *d* enthält bei *f* ein sich nach außen öffnendes Ventil, damit beim Herausziehen des Pistons Luft in den sich bildenden Hohlraum einströmen kann. Ist der Mönch *d* hochgehoben, so wird der Ringboden abgeschraubt, worauf er samt dem Mantel *a* nach abwärts bis *g* gezogen wird und dadurch den Tiegel freigibt, der auf *b* stehen bleibt und weggenommen wird.

Eine andere Tiegelpresse (F. Asthöwer) ist in Fig. 77 abgebildet. *a* ist eine feste, *a'a''* sind bewegliche Riemenscheiben,

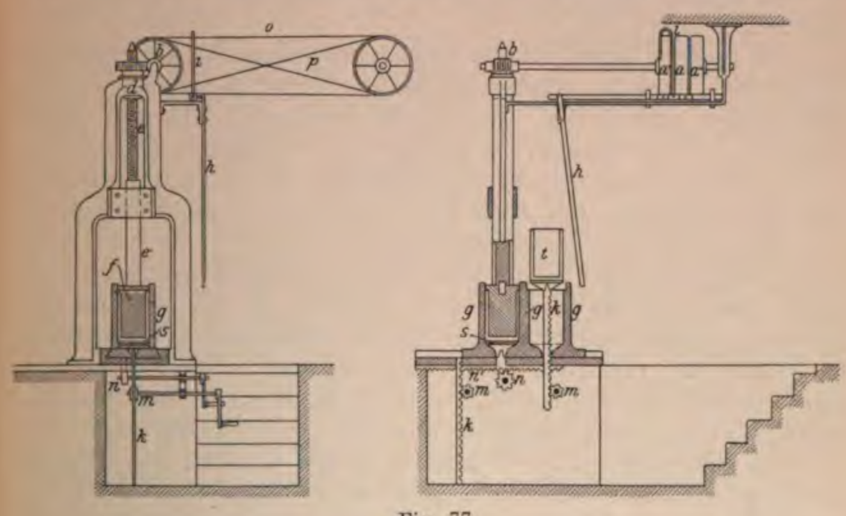


Fig. 77.

welche mit einem geraden *o* und einem gekreuzten Riemen *p* belegt sind, um den erforderlichen Rechts- und Linksgang zu erzielen, *b* ist eine Schnecke, *c* das Schneckenrad, welches mit der drehbaren Mutter *d* fest verbunden ist, *e* die Schraubenspindel, *e'* das Führungsstück, *f* der Stempel (Mönch), *g* die doppelte Hohlform (Nonne), welche mittels des Zahngetriebes *nn'* verschoben werden kann, und *mk* die Vorrichtungen zum Herausheben des fertig gepreßten Tiegels *t*. Soll die Maschine arbeiten, so wird auf den Boden der Nonne eine Holzscheibe *s* aufgelegt, darauf das Material gebracht und durch Einrücken mit Hilfe des Hebels *h* der Mönch nach abwärts bewegt. Ist derselbe zum Aufsitzen gekommen, so wird der Hebel *h* umgestellt, worauf sich der Mönch nach aufwärts bewegt. Ist derselbe hoch genug gehoben, so stellt man die Maschine

auf Stillstand, indem man beide Riemen auf die Leerscheiben *a' a''* schiebt. Nun wird mit Hilfe des Zahngetriebes die zweite Hohlform der Nonne mit Hilfe der Supportvorrichtung *n n'* unter den Mönch gebracht. Während der zweite Tiegel gepreßt wird, hebt man den ersten mit Hilfe des Getriebes *m k* aus der Hohlform, wie aus der Figur ersichtlich ist. Statt zweier Hohlformen können auch drei oder vier auf einer drehbaren Plattform befestigte Hohlformen angewendet werden. Der Antrieb kann auch mit direktem Dampf (wie bei einem Dampfhammer) oder wie es in Kunstkohlenfabriken naheliegend ist, hydraulisch erfolgen. Die Deckel für die Tiegel werden zumeist mit Hilfe von hölzernen Hohlformen mit der Hand geformt.

Die fertigen Tiegel müssen sorgfältig zunächst bei gewöhnlicher Temperatur, dann bei langsam steigender Wärme getrocknet werden und werden endlich bei Rotglühhitze gebrannt. Hat man einen Ringofen zur Verfügung, so erfolgt das Trocknen bei höherer Temperatur und das Glühen in demselben, im anderen Fall muß man einen eigenen Ofen dazu haben, oder einen der Kohlenglühöfen mit den leeren Tiegeln beschicken.

Große Elektroden kann man nicht in Tiegeln brennen; man pflegt dann bei Anwendung von Ringöfen in die betreffenden Kammern entsprechende Caissons aus Schamotteplatten einzubauen, in welche die Elektroden eingesetzt werden, worauf man den Zwischenraum zwischen Kohle und Schamottewand mit Kohlenpulver füllt und eine Schamotteplatte als Deckel darauf legt.

Das Einsetzen großer Elektroden in die Caissons geschieht in der Weise, daß man auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Elektroden Bretter anbindet und an diese die Backen des Hebezeuges anlegt. Tiegel werden direkt eingesetzt. Gut ist es dabei, das Hebezeug so einzurichten, daß die Backen die Tiegel am Boden untergreifen. Nach dem Einsetzen der Ware werden die Segerschen Kegel[1]) an einer von außen zu beobachtenden Stelle aufgestellt und der Ofen oder die Kammer verschlossen (vermauert).

Das Anheizen der Ware muß stets vorsichtig geschehen, damit der Teer langsam seine flüchtigen Anteile abgeben und verkoken kann. Bei zu rascher Erhitzung deformieren sich die Kohlen, werden krumm, blasig und bekommen häßliche glänzende Flecken. Beim Ringofen reguliert sich die Vorwärmung bei regelmäßigem Betriebe von selbst, bei den anderen Ofenkonstruktionen ist dies dem Heizer überlassen. Während des Anheizens ist die Flamme

[1]) Tonindustrie-Zeitung 1886. S. 135.

in den Erhitzungsräumen trüb und rot, da die entweichenden Teergase unter starker Rußbildung verbrennen. Dieser Vorgang währt je nach der Größe des Ofens $1^1/_2$—3 Tage. Nun folgt das stärkere Erhitzen (2—3 Tage), welches bei Gasfeuerungen sich genau regulieren läßt. Um die Temperatur und namentlich auch das richtige Fortschreiten der Erhitzung zu beurteilen, hat man, wie erwähnt, in den Ofen (respektive in jede Kammer oder Muffel) eine Reihe von Segerschen Kegeln[1]) in einer Tonkapsel eingesetzt, welche auf einer Seite offen ist und durch ein mit einem Schamottestein für gewöhnlich geschlossenes Loch der Ofenwandung beobachtet werden kann. Aus den Zeitintervallen, in welchen die Kegel umgebogen werden, respektive niederschmelzen, läßt sich der Gang der Erhitzung gut kontrollieren. Nach Seger ist es nötig, das Verhalten der Kegel stets an zwei Stellen des Ofens zu beobachten, nämlich im heißesten Teil nahe der Einströmung des Feuers und anderseits nahe dem Abzug. Es ist beim Glühen von Kohlen darauf zu achten, daß nicht zu viel Teerdämpfe mit den Kegeln in Berührung kommen, da diese sonst mit Kohle infiltriert werden und infolgedessen schwer schmelzen. Als geschmolzen gilt ein Kegel, wenn die Spitze desselben die Schamotteplatte berührt. Man setzt stets mehrere aufeinander folgende Kegel ein, in deren beginnendem Weichwerden, Umbiegen und völligem Niederschmelzen man einen ausreichenden Anhaltspunkt zur Beurteilung der erreichten Temperatur besitzt. Die Segerkegel bilden eine Reihe systematisch zusammengesetzter, an Schwerschmelzbarkeit zunehmender Silikate. Die umstehende Tabelle gibt Zusammensetzung, Nummer und beiläufige Schmelztemperatur der für die Kohlenindustrie in Betracht kommenden Segerkegel, die gebräuchlichsten sind durch eine Klammer gekennzeichnet.

Bei direkter Feuerung wird man ohne übermäßigen Brennmaterialverbrauch schwer über die Temperatur des Kegels No. 12 hinauskommen (ca. 1468° C.). Bei Gasfeuerungen kann man durchschnittlich bis zur Schmelztemperatur der Kegel 14—18, bei Wassergasheizung noch höher gehen. Für Lichtkohlen ist übrigens die ersterwähnte Temperatur vollkommen ausreichend, während Elektroden so stark als möglich geglüht werden sollen. Die Ware bleibt nun etwa 24—48 Stunden im vollen Feuer (je länger, desto besser). Dann wird das Heizen sistiert, bei Öfen mit Kohlenfeuerung werden die Ofentüren u. dergl. verschlossen und der Ofen auskühlen gelassen, was 4—6 Tage in Anspruch nimmt. Beim

[1]) Tonindustrie-Zeitung 1886. S. 135.

Ringofen dauert im ganzen die Brennzeit einer Kammer etwa 10 Tage. Ein vollständiges Erkaltenlassen ist kaum durchführbar und auch nicht nötig, nur muß die Temperatur des Ofeninneren unter dunkler Rotglut liegen, da sonst die Kohlen sowohl wie der sie umhüllende Staub anbrennen können. Bei Ringöfen können die Tiegel noch heiß ausgehoben werden und im Freien abkühlen, was freilich ein rasches Defektwerden derselben im Gefolge hat. Beim Füllen der Ofenräume (bei anderen als Ringöfen), muß die Temperatur jedesfalls eine mäßige sein, damit die Arbeiter im Ofenraum manipulieren können.

Nummer des Kegels	Zusammensetzung in Äquivalenten					Beiläufige Schmelztemperatur °C.
	K_2O	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	
1	0,3	0,7	0,2	0,3	4	1150
2	0,3	0,7	0,1	0,4	4	1179
3	0,3	0,7	0,05	0,45	4	1208
4	0,3	0,7	—	0,5	4	1237
5	0,3	0,7	—	0,5	5	1266
6	0,3	0,7	—	0,6	6	1295
7	0,3	0,7	—	0,7	7	1323
8	0,3	0,7	—	0,8	8	1352
9	0,3	0,7	—	0,9	9	1381
10	0,3	0,7	—	1	10	1410
11	0,3	0,7	—	1,2	12	1439
12	0,3	0,7	—	1,4	14	1468
13	0,3	0,7	—	1,6	16	1497
14	0,3	0,7	—	1,8	18	1526
15	0,3	0,7	—	2,1	21	1555
16	0,3	0,7	—	2,4	24	1584
17	0,3	0,7	—	2,7	27	1613
18	0,3	0,7	—	3,1	31	1642
19	0,3	0,7	—	3,5	35	1671
20	0,3	0,7	—	3,9	39	1700
21	0,3	0,7	—	4,4	44	1730
22	0,3	0,7	—	4,9	49	1760
23	0,3	0,7	—	5,4	54	1790
24	0,3	0,7	—	6	60	1820
25	0,3	0,7	—	6,6	66	1850

Vor der Neufüllung jeder Kammer (Muffel u. s. w.) müssen die nötigen Reparaturen vorgenommen werden.

Mit den Verbrennungsgasen gehen stets erhebliche Mengen unverbrannter Teerdestillate in die Abhitzkanäle, welche Produkte sich an den entfernteren Teilen des Ofens absetzen und große Unannehmlichkeiten herbeiführen können, ein Übelstand, der namentlich bei Ringöfen häufig eintritt. Bei den Siemensschen Gasöfen wird deshalb mitunter ein eigener sogenannter Ausbrennkanal angeordnet.

Ein Teil der Teerdämpfe entweicht unverdichtet aus der Esse und belästigt die Umgegend, welche erfahrungsgemäß unter der Einwirkung der Teerdämpfe merklich leidet. Man ist deshalb an manchen Orten genötigt, für die Kondensation derselben zu sorgen, was jedoch recht umständlich ist. Es läßt sich nur dadurch erreichen, daß die Tiegel ein gegen den Ofen gasdicht geschlossenes System bilden, welches mit einer Kondensationsanlage kommuniziert. Damit ist aber der Glühprozeß der Kohlen zu einer richtigen trockenen Destillation geworden, wie sie in Leuchtgasfabriken betrieben wird, und es ist der Gedanke sehr naheliegend, so wie dort schiefliegende Retorten statt der stehenden Tiegel anzuwenden. Diese Retorten können in die Kammern eines Ringofens eingebaut sein oder nach Art der Leuchtgasretorten erhitzt werden und sind mit einer Hydraulik und sonstigen Kondensationsvorrichtungen verbunden. Die bisherigen Vorrichtungen sind jedoch, obzwar auf demselben Prinzip beruhend, der Fabrikation in Tiegelglühöfen angepaßt. Ihre nähere Einrichtung ist Fabriksgeheimnis.

3. Elektrische Glühöfen.

In neuerer Zeit gewinnt das Glühen der Kohlen im elektrischen Ofen, wobei dieselben mehr oder weniger vollständig in Graphit umgewandelt werden, immer mehr Bedeutung. Über die Überführung ungeformter Kohle in Graphit auf elektrischem Wege wurde schon gesprochen. (Siehe S. 44 ff.) Hier soll die Behandlung bereits geformter und in gewöhnlicher Weise geglühter Kohlenkörper beschrieben werden. Natürlich werden die Herstellungskosten durch diesen elektrischen Glühprozeß bedeutend erhöht, doch gewinnt das Produkt dadurch so sehr an Leitfähigkeit, Haltbarkeit in verschiedenen Elektrolyten und Reinheit, daß das Verfahren rentabel erscheint.

Girard und Street haben zuerst[1]) ein technisches Verfahren zur Graphitierung angegeben, welches die damalige Société La combe (jetzt le Carbone) in Paris erwarb. Die verwendete Kohle kann die Form von Stäben, Blöcken oder Fäden haben. Der elektrische Glühofen (Fig. 78) besteht aus einem Block *a* aus feuerfestem Material, welcher aus einem oder mehreren Stücken bestehen kann und außen von einem metallenen Gehäuse *b* umschlossen ist. Der Block enthält in seinem Innern eine kleine Höhlung *c*, welche die Heizkammer bildet. Von derselben gehen zwei Kanäle aus, ein durchlaufender, durch welchen die zu glühenden Kohlenstücke *e*

[1]) D. R. P. 78926 und 85335 und Franz. Pat. 230341 von 1893 und 236406 von 1894. Siehe auch Bull. de la société internat. des Électriciens. 1895.

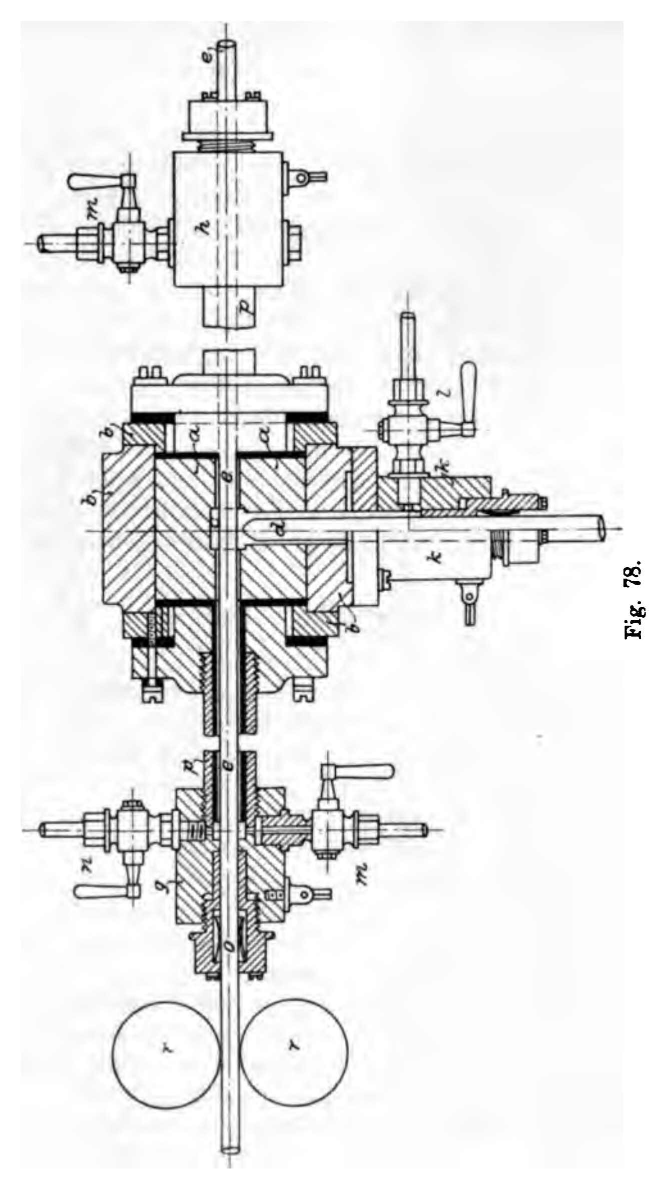


Fig. 78.

durchgeführt werden, und senkrecht darauf ein zweiter, welcher einen Kohlenstift[1]) *d* aufnimmt. Die Kohlenstäbe *e* werden durch

[1]) In neuerer Zeit werden zwei einander gegenüberstehende Kohlenstifte angewendet, so daß sich an der zu glühenden Kohle zwei Lichtbogen bilden. Prix courant 1900.

einen Mechanismus mit einer gewissen Geschwindigkeit durch die Heizkammer geschoben, welche Geschwindigkeit von der Temperatur, die man zu erreichen wünscht, und von der Dicke der Stäbe abhängig ist. Die Heizkammer wird am besten aus Kohle hergestellt. Der zu erhitzende Kohlenkörper bildet den einen, die Kohle *d* den anderen Pol des Stromkreises, so daß sich zwischen beiden der Lichtbogen ausbildet, welcher trotz der Fortbewegung des Kohlenstabes an seiner Stelle bleibt und dabei nach und nach das ganze Kohlenstück bestreicht und auf hohe Temperatur erhitzt. Um ein Verbrennen der Kohle zu vermeiden, wird der Ofen mit

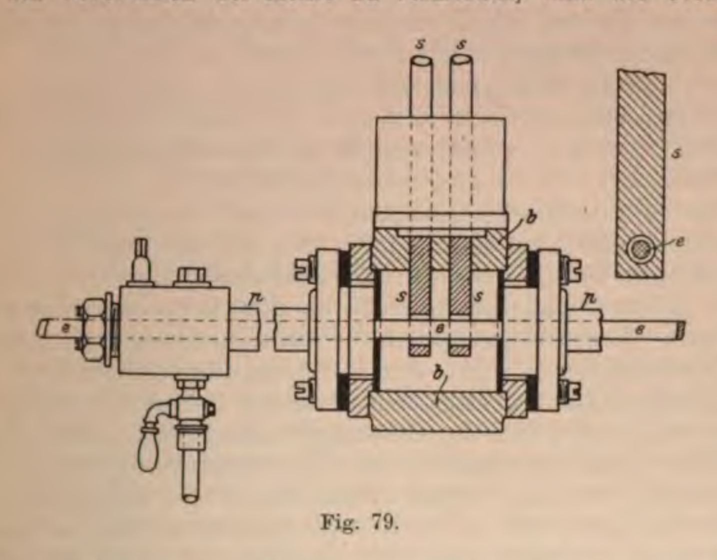


Fig. 79.

einem indifferenten Gas gefüllt. Die verschiedenen Öffnungen sind zu diesem Zwecke mit Stopfbüchsen *g h* versehen, welche den gasdichten Abschluß nach außen bewirken, während der Ein- und Austritt des Gases durch die Hähne *m* und *l* erfolgt. Die Kohle *d* geht durch eine Preßdichtung *k*. Die Öffnung *n* dient zur Verbindung mit einem Manometer. Der Strom ist an die zu erhitzende Kohle mit Hilfe des Frotteurs *o* angeschlossen. Die Länge des Lichtbogens läßt sich durch dieselben Vorrichtungen regulieren, welche man bei Bogenlicht anwendet. Vor dem Eintritt und Austritt passiert jedes Stück einen Vorraum *p*, um vorgewärmt und abgekühlt zu werden. Der Apparat funktioniert kontinuierlich; die Vorwärtsbewegung geschieht durch elektrisch bewegte Rollen *r*.

Bei einer späteren Konstruktion (Fig. 79) werden zwei oder mehrere Kohlenstäbe *s* angewendet, welche in der Nähe des unteren

Endes so durchbohrt sind, daß die Bohrungen eine Fortsetzung des Kanals bilden, durch welchen die zu glühenden Kohlenkörper geschoben werden. Der Lichtbogen bildet sich zwischen denselben und dem inneren Rande der erwähnten Bohrungen aus. Dadurch, daß um das Stück *b*, welches aus einem nichtmagnetischen Metall hergestellt ist, Drahtwickelungen führen, welche von einem elektrischen Strom durchflossen werden, wird ein magnetisches Feld erzeugt, unter dessen Einfluß der Lichtbogen in einer Ebene zu kreisen beginnt, welche senkrecht steht auf der Achse der Kohlenstäbe *c*. Die Schnelligkeit dieser Rotation ist eine Funktion der Stärke des Stromes, welcher das Stück *b* umkreist, und der Dichte des dadurch erzeugten magnetischen Feldes.

Der Vorteil dieser doppelten Bewegung, der fortschreitenden der Kohlenstäbe einerseits und der rotierenden des Lichtbogens anderseits, ist eine gründliche und gleichmäßige Erhitzung aller Oberflächenteile des zu graphitierenden Stabes.

Ist die Stromstärke genügend hoch und die Geschwindigkeit, mit welcher die Kohlenstäbe durch den Apparat geführt werden, entsprechend klein, so werden die Kohlenstäbe durch ihre ganze Masse hindurch und nicht bloß oberflächlich in Graphit verwandelt. Man kann Gleich-, Wechsel- und Drehstrom in Anwendung bringen. Bei Wechselstrom gewährt der Lichtbogen des Ofens nicht den gewöhnlichen Anblick eines fadenförmigen Gebildes, sondern die Kohlenelektroden sowie die zu behandelnden Kohlenstäbe scheinen auf ihrer ganzen Oberfläche der Sitz einer Verflüchtigung des Kohlenstoffs zu sein. Wendet man die Konstruktion mit dem rotierenden Lichtbogen an, so benutzt man Gleichstrom und macht die zu graphitierenden Stäbe zum positiven Pol. Dies ist deshalb vorteilhaft, weil man dadurch eine Vorrichtung erspart, um die Länge des Lichtbogens zu regulieren. Wendet man zwei fixe Elektroden an, zwischen welchen die zu erhitzenden Stücke durchgehen, so empfiehlt sich die Anwendung von Wechselstrom. Die schwache Abnutzung der Elektroden gestattet, die Regulierung des Lichtbogens bloß alle Stunden vorzunehmen. Diese Abnutzung beträgt bei einem Strom von 300 Ampères und Kohlenelektroden von 40 mm Durchmesser bloß 5 mm pro Stunde. Die erhaltenen Temperaturen sind so hoch, daß sich Kohlenstäbe krümmen.[1]) Eine Kohle, welche aus pulverisiertem Retortengraphit und Teer hergestellt worden war, wird weniger gut graphitiert, wie Kohle,

---

[1]) Siehe die bezüglichen Versuche von Borchers. Zeitschr. f. Elektrochemie. 3, 393 ff.

welche 2% Silicium oder 2% Borsäure enthält.[1]) Ein Zusatz von Eisenpulver zur Kohlenmischung wirkt ähnlich. Die Natur der zur Füllung des Ofens verwendeten Gase spielt keine besondere Rolle, Kohlensäure, Stickstoff, Schwefelkohlenstoff gaben ähnliche Resultate, nur Wasserstoff scheint den Prozeß zu befördern. Nach Streets Angabe wächst die elektrische Leitfähigkeit im Verhältnis 1 : 4, ebenso das Wärmeleitungsvermögen, sowie die Dichte. Etwa 80% des Kohlenkörpers werden in Graphit umgewandelt.

Elektrographitische Kohle eignet sich nach Street sowohl für Lichtkohlen, wie Elektroden, wie auch besonders für Kollektorbürsten. Lichtkohlen (negative, Homogenkohlen) zeigen einen bedeutend geringeren Abbrand pro Stunde als nicht graphitierte, Elektroden zeigen viel weniger Zeichen mechanischer Zerstörung in den elektrolytischen Bädern und halten auch bei starker Belastung gut aus. Besonders aber eignet sich die elektrographitische Kohle zur Herstellung von Dynamobürsten, sowohl wegen der hohen elektrischen Leitfähigkeit, als auch wegen der homogenen Beschaffenheit des Materials. Zu dieser Äußerung Streets ist zu bemerken, daß die elektrographitische Kohle tatsächlich alle anderen Materialien zur Herstellung von Kohlenbürsten an Güte übertrifft. Namentlich kommt auch die Härte der Kohle und ihre abschleifende Wirkung auf den Kollektor in Betracht. Da nun die in gewöhnlicher Weise hergestellte Kohle im allgemeinen ziemlich hart ist, so kann man durch mehr oder weniger vollständige Graphitierung diese Härte auf das gewünschte Maß herabsetzen, während gleichzeitig das Leitungsvermögen gesteigert wird. Auch die Elektroden aus künstlichem Graphit bewähren sich sehr gut. Was jedoch die Lichtkohlen betrifft, so ist nach Ornstein die Brenndauer der elektrisch geglühten nicht größer als die der gewöhnlichen, außerdem macht sich ihr höherer Aschengehalt, welcher nach dem oben Gesagten sehr erklärlich ist, in unangenehmer Weise bemerkbar, indem die noch vorhandenen Mineralbestandteile die Ruhe des Lichtbogens stören.

Um auch Kohlenkörper von großem Querschnitt im elektrischen Ofen glühen zu können, hat die erwähnte Gesellschaft in ihrer Fabrik zu Notre-Dame de Briançon (Savoien) im Jahre 1901 einen Ofen in Betrieb gesetzt, bei welchem vier kreuzförmig gestellte Kohlenpole angeordnet sind und welcher in der Weise mit einem zweiphasigen Wechselstrom betrieben wird, daß je zwei gegenüberliegende Pole einer Stromphase angehören.

Bald nach Girard und Street haben auch andere die Graphi-

[1]) Vergl. darüber S. 46.

tierung fertiger Kohlenkörper in Angriff genommen, so Castner[1]), welcher Elektroden, in Holzkohlenpulver eingepackt, durch einen starken elektrischen Strom erhitzt (Stromdichte 0,6—0,7 Ampères pro 1 mm?). Dabei verlieren die Kohlen 3—7% an Gewicht, nehmen aber ein wenig an Volumen zu.

J. Härdén und J. Rudolphs[2]) haben das Verfahren der Elektrographitierung in der Weise modifiziert, daß die Kohlen der gleichzeitigen Einwirkung eines schwach gespannten Gleichstroms oder Wechselstroms von geringer Frequenz (25—100 Wechsel pro Sekunde) und großer Stromstärke und eines hochgespannten Wechselstroms von großer Wechselzahl (mindestens 50000 Wechsel pro Sekunde) ausgesetzt werden. Der erstgenannte Strom dient zur Erhitzung der Kohle, während der zweite den Übergang der Kohle in die Graphitmodifikation befördern soll. Dieser Übergang erfolgt nach der Patentschrift rascher als sonst, und es gelingt damit auch, weit größere Kohlenstücke als bisher durch ihre ganze Masse hindurch in Graphit zu verwandeln. Um Verbrennung zu vermeiden, muß die Behandlung in einem Raume mit verdünnter Luft vor sich gehen. Der spezifische Widerstand sinkt von 40—60 Ohm auf 8—10 Ohm.

4. Andere Glühverfahren.

Die Gesellschaft für chemische Thermo-Industrie glüht die Kohlen mit Hilfe des Goldschmidtschen Verfahrens, indem die Kohlen in ein Gemisch von Oxyden, Sulfiden oder Salzen einerseits mit zerkleinertem Aluminium, Magnesium, Karbiden oder Gemischen dieser Körper anderseits eingebettet werden. Dieses Gemisch wird dann in der gewöhnlichen Weise zur Reaktion gebracht.[3]) Dabei wird die Kohle jedesfalls auch in die Graphitmodifikation übergehen.

Endlich sei noch das Verfahren von A. Schenk[4]) zur Herstellung graphitierter Kohle erwähnt. Was er jedoch darunter versteht, dürfte sich von wirklichem Graphit wesentlich unterscheiden. Der vorgebrannte Kohlenkörper wird in eine Hülle von zerkleinerter Kohle eingebettet und unter gleichzeitiger Zufuhr von Kohlenstoff abgebenden Gasgemischen geglüht. Als Graphitierungsgase können die beim Vorbrand der Kohlenkörper sich entwickelnden Gase und Dämpfe mit Vorteil benutzt werden. Es ist dies ein ähnliches Verfahren, wie man es bei der Herstellung der Kohlenfäden für Glühlampen benutzt.

[1]) Engl. Pat. 19809 von 1893. Chem. Centralbl. 1895. I. 518.
[2]) D. R. P. 123692.
[3]) D. R. P. 102200 von 1898.
[4]) D. R. P. 116812.

7. Kapitel.

Fertigstellung der Kohlenkörper.

Die aus dem Ofen kommenden Kohlen zeigen häufig verschiedene Fehler. Lichtkohlen sind öfters krumm, und zwar ein um so höherer Prozentsatz, je dünner und je länger die Kohlen sind, ferner je mehr Teer der ursprünglichen Mischung zugesetzt war. Namentlich zeigen Rußkohlen diese üble Eigenschaft in hohem Grade. Bisweilen treten sowohl an Lichtkohlen wie Elektroden Längsrisse auf, welche bei ersteren belanglos, bei letzteren jedoch nachteilig sind. Große Kohlenkörper lassen sich wohl kaum ganz ohne Haarrisse herstellen. Weit schlimmer sind jedoch Querrisse, weil diese die Festigkeit in viel höherem Grade beeinträchtigen. Andere Fehler sind: Verziehen der Form, namentlich bei langgestreckten oder plattenförmigen Kohlenkörpern, glänzende Anflüge von Teerkoks, Fehler, welche durch zu reichlichen Teerzusatz und zu rasches Erwärmen der Kohle beim Beginn des Glühprozesses herrühren.

Gute Kohlenkörper müssen mattgrau sein, eine glatte, möglichst rißfreie Oberfläche zeigen, dürfen nicht verzogen oder krumm sein, große Festigkeit bei meist ziemlicher Härte besitzen und beim Aufwerfen metallisch klingen.

Nach dem Glühprozeß werden die Kohlenkörper mit Hilfe eiserner Kratzbürsten vom anhaftenden Kohlenstaub befreit und sind, bis auf einige mitunter vorzunehmende Prozeduren, welche im folgenden besprochen werden sollen, gebrauchsfähige Ware.

1. Die Lichtkohlen.

Die Lichtkohlen haben jedoch noch verschiedene Prozeduren durchzumachen. Da das Auslesen der krummen Kohlen eine zeitraubende Arbeit ist, falls sie mit der Hand ausgeführt wird, so pflegt man die Kohlen, nachdem ganz schlechte, zerbrochene oder

auffällig gekrümmte Ware beseitigt worden ist, durch Sortiermaschinen gehen zu lassen, welche eine automatische Trennung der geraden und krummen Kohlen bewirken.

a) Sortieren.

Fig. 80 und 81 geben den Durchschnitt durch eine Walzensortiermaschine: Die Kohlenstifte, welche vom Arbeiter bei *a* parallel aufgelegt werden, passieren zunächst die beiden Walzen *b*, *b'*, welche

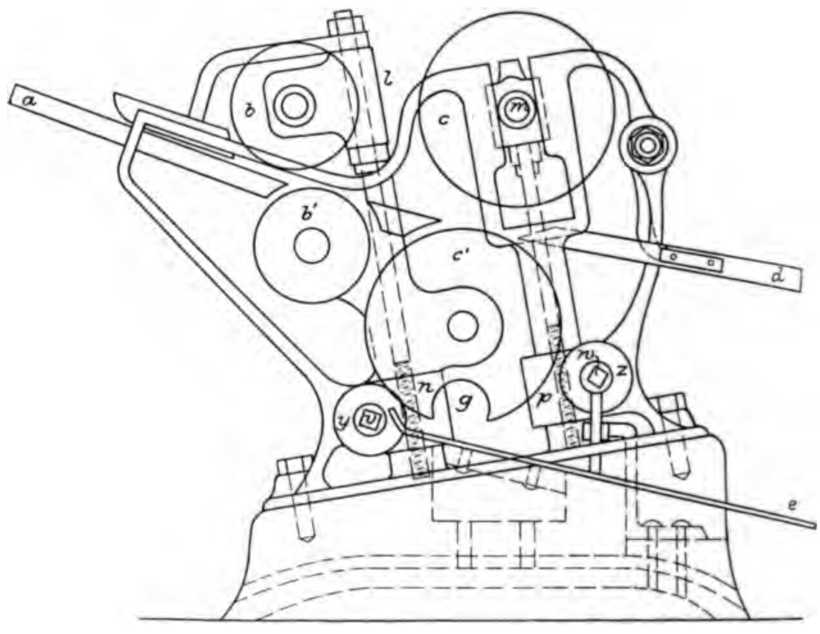


Fig. 80

etwas weiter voneinander abstehen als der Durchmesser der Kohlen ist, und hierauf die Walzen *c*, *c'*, welche eine langsamere Bewegung haben und genau entsprechend dem Durchmesser der zu sortierenden Kohlen eingestellt werden. Die Einstellung erfolgt dadurch, daß die beiden oberen Walzen *b*, *c* gehoben oder gesenkt werden. Diese Bewegung wird auf folgende Art bewerkstelligt. Jede Walze ruht in zwei beweglichen Lagern *l* und *m*, welche auf die Schraubenspindeln *n* und *p* aufgesetzt sind. Die zwei zu je einer Walze gehörigen Schrauben können mit Hilfe von Zahnrädern *y* und *z*, von denen in der Figur nur je eines sichtbar ist, gehoben und gesenkt werden. Die Zahnräder sitzen auf einer Welle, welche

mit einem Vierkant v, w versehen und mit Hilfe der an derselben gesteckten Kurbel k drehbar ist. Die geraden Kohlenstifte passieren die beiden Walzenpaare und gelangen auf die schiefe Ebene d. Die stärker gekrümmten Stifte können schon zwischen den beiden ersten Walzen nicht durch, werden mit der Hand abgehoben und beseitigt, die weniger stark gekrümmten gelangen zum zweiten Walzenpaar, können dasselbe nicht passieren, fallen bei weiterer Drehung der Walze c' in deren Ausnehmung g und werden auf die schiefe Ebene e abgeworfen.

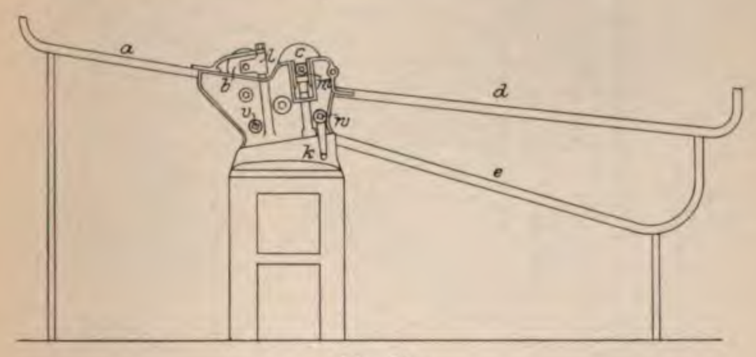


Fig. 81.

Fig. 82 zeigt eine sogen. Linealsortiermaschine. Das Prinzip ist ein ähnliches wie bei den vorigen, doch sind die Walzen durch ein Lineal l ersetzt. Die geraden Kohlen können unterhalb desselben auf die Platte a gelangen. Auf zwei mit Teilung versehenen Rahmen s ist das Lineal verschiebbar und wird mit Hilfe der beiden Stücke c, auf welchen das Lineal ruht und welche durch die Flügelmuttern f festgeklemmt werden, in beliebiger Lage festgehalten. Bleibt eine krumme Kohle vor dem Lineal liegen, so wird durch einen Tritt auf das Hebelsystem h zuerst durch den Rahmen r das Blech a und gleich darauf durch die Kette k das Lineal b hochgehoben und die Kohle rollt auf die Ebene b hinab. Hört der Hebeldruck auf, so gelangen Lineal und Blech infolge ihres Gewichtes in ihre ursprüngliche Stellung. Um dies sicher zu bewirken, ist das Lineal l mit Blei ausgegossen und das um die Welle w drehbare Blech trägt ein Gewicht p.

Das Sortieren geschieht bei den bereits auf ihre definitive Länge abgeschnittenen Lichtkohlen. Sind die Kohlen bereits im weichen Zustand geschnitten und gespitzt worden, so erfolgt die Sortierung sofort nach dem Brande. Derartige Homogenkohlen sind nach

dem Sortieren fertige Handelsware. In neuerer Zeit werden aber meist meterlange Stäbe gebrannt, um Kohlen von beliebiger Länge

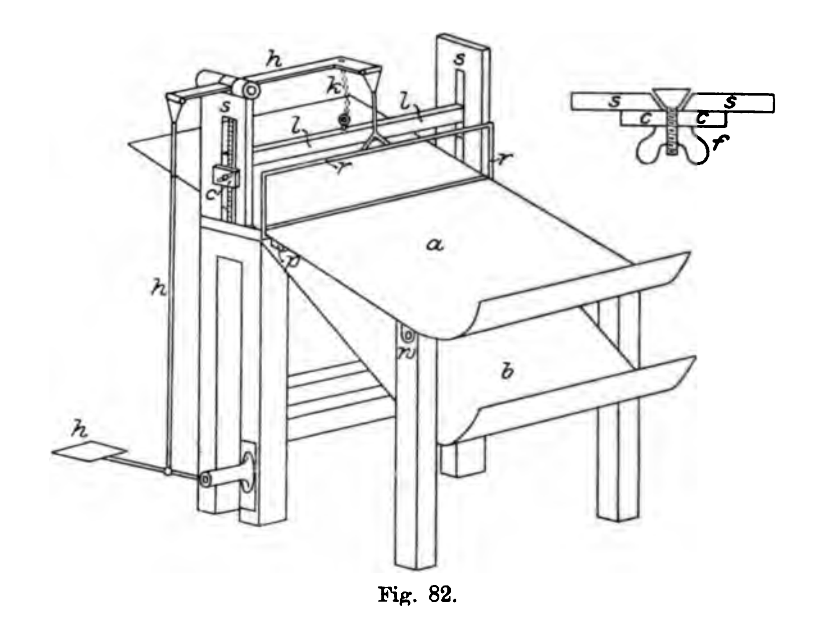


Fig. 82.

herstellen zu können. In diesem Falle geht dem Sortieren das Abschneiden und Spitzen voraus.

b) Abschneiden.

Das Abschneiden der Kohlen kann entweder mit der Hand in der Weise geschehen, daß man die Kohlenstäbe mit einem scharfen Messer ringsum ritzt und sodann über einer Kante durch einen raschen Schlag bricht, oder mit Hilfe eigener Apparate.

J. C. Braun baut Abschneidemaschinen (Fig. 83), bei welchen das Abschneiden durch ein rasch rotierendes Kreismesser (1000 Touren in der Minute) *a* bewirkt wird. Die Kohle wird gegen das Widerlager *w* gedrückt, welches der gewünschten Länge entsprechend in der Nute *n* verschoben werden kann. Anderseits liegt die Kohle zwischen zwei Paar Stahlrollen *r*, um während des Schneidens leicht gedreht werden zu können. Die schneidende Stahlscheibe *a* wird mit Hilfe des Rades *b* in Rotation versetzt und ist mittels des Hebels *c* drehbar an der Welle *d* befestigt. Durch das mit Gegengewicht *g* versehene Hebelwerk *h* kann das rotierende Messer soweit gesenkt werden, daß es in die bei *r* liegende Kohle einschneidet,

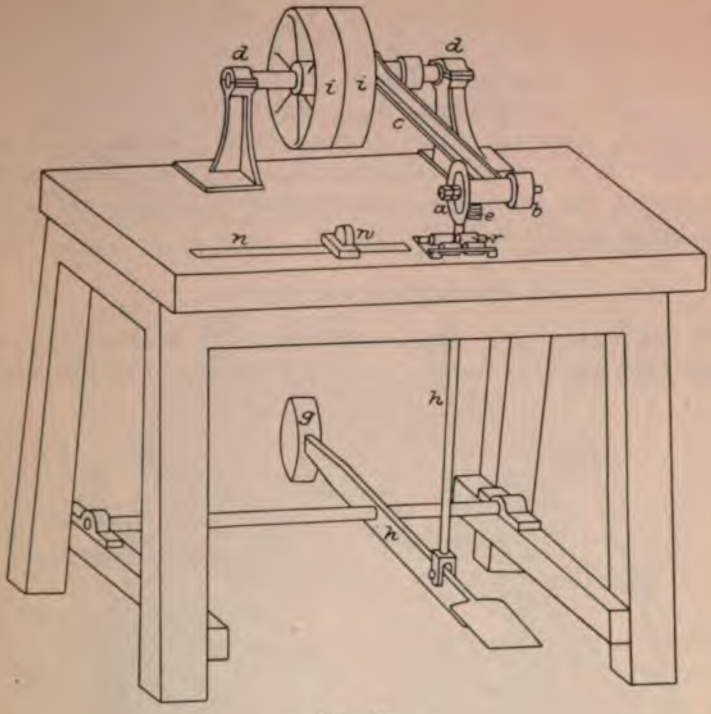


Fig. 83.

während es beim Aufhören des Druckes durch die Feder *e* und das Gewicht *g* emporgezogen wird. *i i* sind Leer- und Vollscheibe für den Antrieb.

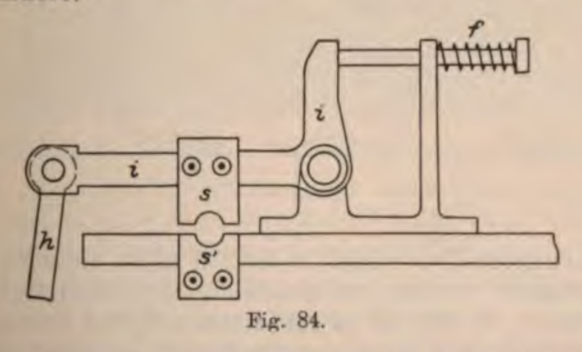


Fig. 84.

Nach F. Pemsel nützen sich die rotierenden Messer sehr rasch ab, wodurch öfteres Auswechseln und Nachschleifen notwendig wird. Statt des rotierenden Messers kann man daher auch zwei nahezu

halbkreisförmige Stahlschneiden *ss'* (Fig. 84) durch einen plötzlichen Schlag mit Hilfe der Hebel *hi* gegen die Kohle pressen, welche dadurch zerspringt. Die Feder *f* zieht den Hebel wieder in seine ursprüngliche Lage. Man erzielt dabei ziemlich ebene Schnittflächen. Pemsels Abschneidemaschine, welche die Kohlen in Längen von 8—50 cm abzuschneiden gestattet und ungefähr so viel leistet wie 5—6 Mann mit Handarbeit, dürfte auf diesem Prinzip beruhen. (D. R. G. M. 52360.)

c) Abschleifen und Spitzen.

Da die durch das Abschneiden erzielten Flächen nie vollkommen eben sind, so werden sie auf Schmirgel- oder Karborund-

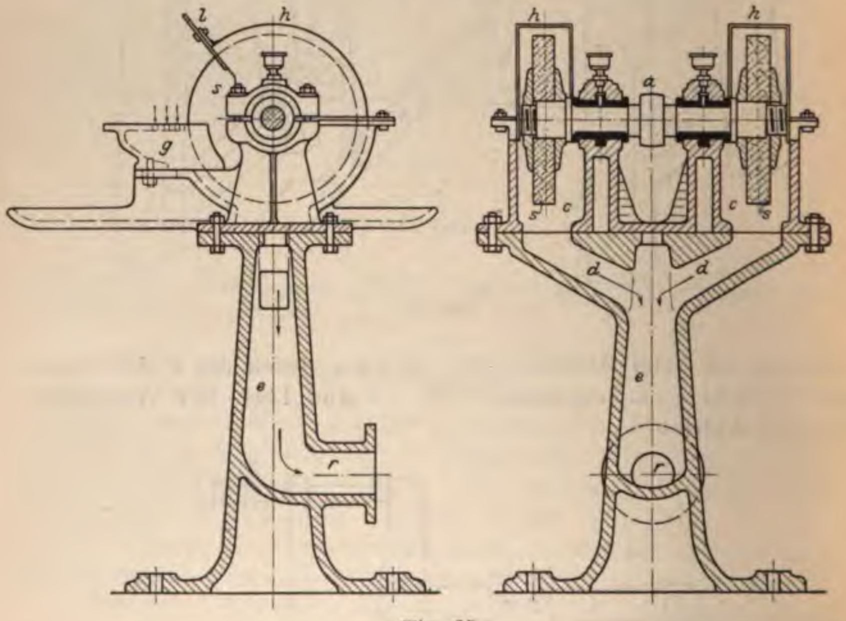


Fig. 85.

scheiben eben geschliffen. Sind die Kohlen nicht schon im weichen Zustande gespitzt worden, so geschieht dies ebenfalls auf der Schleifmaschine. In Fig. 85 ist eine solche mit zwei Scheiben *s* dargestellt. Der Kasten *g* dient zum Auflegen der Kohle, *a* ist die Antriebsscheibe; die Scheiben drehen sich in einem Gehäuse *h*, welches durch die Platte *l* geschlossen ist; der beim Abschleifen sich bildende Kohlenstaub wird aus dem Kasten *g* durch die Kanäle *cd*

und das hohle Postament *e* durch einen Ventilator abgesaugt. Häufig ist die eine der beiden Scheiben aus feinkörnigem, die andere aus gröberem Material hergestellt. Ihr Durchmesser beträgt etwa 32 cm, die Dicke 3—5 cm, die Tourenzahl 1000—1200 pro Minute.

F. Pemsel baut Maschinen, welche das Abschleifen und Spitzen automatisch besorgen.

Fig. 86 zeigt die automatische Schleifmaschine.[1]) Dieselbe ist in vielen Details der später zu beschreibenden automatischen Docht-

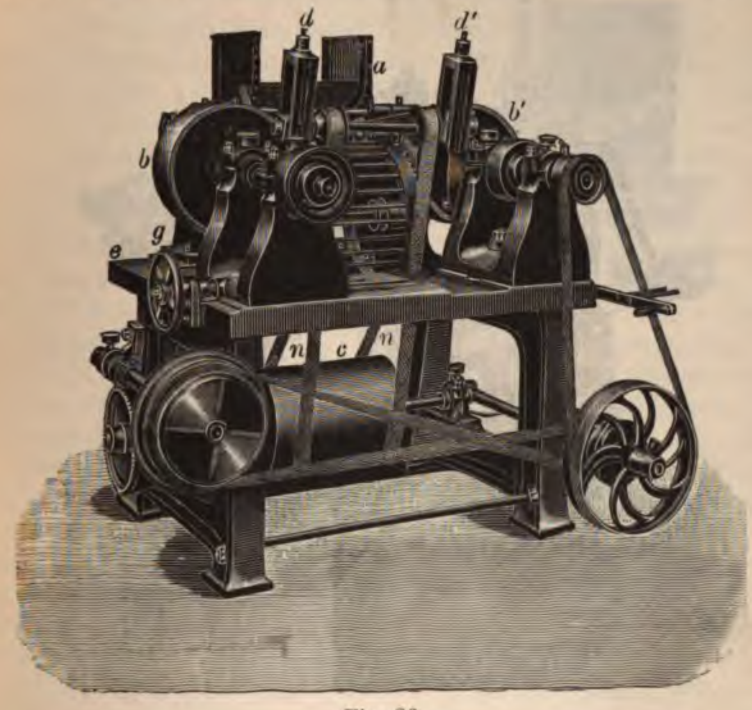


Fig. 86.

maschine (Fig. 94) nachgebildet, auf welche hier verwiesen sei. Die Kohlenstifte werden in den Kasten *a* eingelegt, gelangen von hier auf zwei mit Ausnehmungen versehene Scheiben, lagern sich in diese Ausnehmungen ein und werden hier durch Riemen *n* festgehalten. Der Verlauf der letzteren ist derselbe wie in Fig. 94. Die Teile *d* und *d'* dienen dazu, die Riemen zu spannen. Die Kohlenstifte werden nun an den beiden Schleifscheiben *b b'* vorübergeführt und an ihren Enden eben geschliffen. Die Scheibe *b* ist

[1]) D. R. G. M. 48141.

samt ihrem Lager auf der Tischplatte *e* mittels einer Schraube mit Handrad *g* verschiebbar, um Kohlen verschiedener Länge abschleifen zu können. Es können Kohlen bis zu 400 mm Länge und von 8—20 mm Durchmesser auf dieser Maschine bearbeitet werden. Die abgeschliffenen Kohlen rollen schließlich auf die Tischplatte *e*. Leistung pro Tag 20—40 000 Stück.

Die automatisch arbeitende Spitzmaschine ist in Fig. 87 abgebildet. Die Zuführung aus dem Aufgabekasten zu der Schleif-

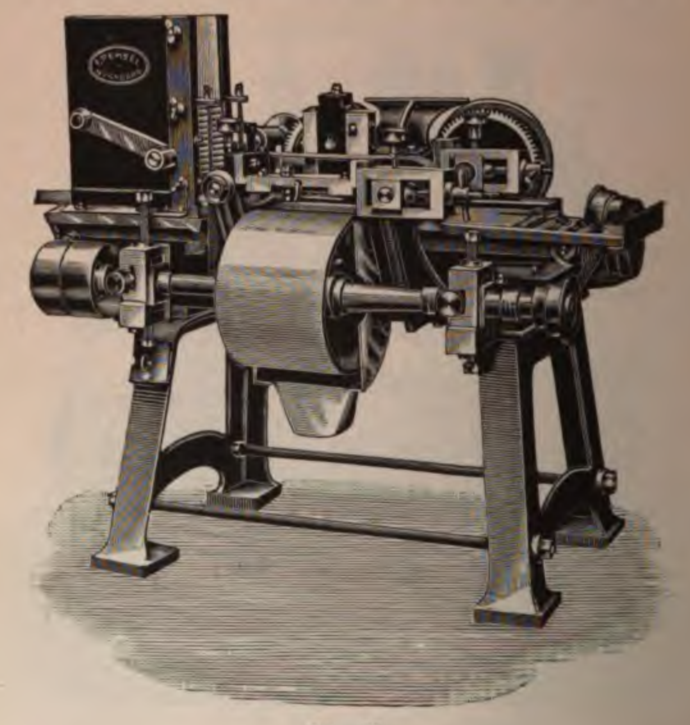


Fig. 87.

scheibe erfolgt in ähnlicher Weise wie bei der vorigen Maschine, nämlich durch einen mittels Exzenter bewegten Schieber, durch welchen die Kohlen unter einen endlosen Transportriemen gelangen, der so gespannt ist, daß die Kohlen nicht schief laufen sowie beim Spitzen nicht zurückweichen können. Die Stifte werden nun über eine schiefe Ebene gerollt, welche schräg gegen die Schleifscheibe gestellt ist, so daß die Enden der Stifte mehr und mehr gegen die Schleifscheibe gepreßt werden, welche unter ihnen rotiert. Nach dem Verlassen der Schleifscheibe rollen die Stifte auf eine Blechtafel.

Die Leistung beträgt pro Tag 20—30 000 Stück Kohlen von 8 bis 20 mm Durchmesser und bis zu 400 mm Länge.

Nach dem Abschleifen und Spitzen sind die homogenen Kohlen fertig. Die Dochtkohlen werden aber noch, wie bereits erwähnt, dem sogenannten Dochtprozeß unterworfen, das heißt, ihr zentraler Kanal wird mit einer Mischung gefüllt, welche zumeist aus feinst gemahlener Kohle (am besten Ruß) und dickflüssiger Wasserglaslösung besteht.

d) Herstellung der Dochtmasse.

Die Wasserglaslösung wird aus käuflichem gallertigen Kaliwasserglas hergestellt, indem man dasselbe in eisernen Duplikatkesseln, welche mit Dampfleitung und Ablaufventil für die Lösung versehen sind, mit so viel Wasser erwärmt, als zur Herstellung einer Lösung von gewünschter Konsistenz nötig ist. Übrigens kann man auch direkt Dampf in das zur Lösung des gallertigen Wasserglases bestimmte Wasserquantum einleiten, nur ist dann die Regulierung der Konzentration schwieriger. Dieselbe muß so groß sein, daß die Lösung bei gewöhnlicher Temperatur (20° C.) mindestens 28° Bé zeigt. Früher hat man auch andere Bindemittel statt des Wasserglases verwendet (Gummi, Dextrin, Sirup, schwere Mineralöle). Pritchard[1]) empfiehlt als besten Docht feingemahlenen, stark geglühten Graphit, welcher mit Hilfe eines Trichters in den Dochtkanal eingefüllt und mehr oder weniger festgestampft wird. Das Verfahren ist im großen nicht durchführbar. Daß Acheson den Docht aus Karborund herstellen will, ist schon erwähnt worden.[2])

Als Kohlenmaterial für die Dochtmischung können roher oder gebrannter Ruß, sowie die beim Ausscheiden und Sortieren von Rußkohlen sich ergebenden Abfälle benützt werden. Feine Mahlung des Materials ist dabei wichtig. Zu letzterem Zwecke benützt man, da nur in kleinerem Maßstabe gearbeitet wird, entweder kleine Kollergänge mit Läufern von ovalem Querschnitt, wie solche von den mehrfach erwähnten Firmen J. C. Braun und F. Pemsel gebaut werden, oder Stampfwerke. Die letzteren werden mit einer oder mit vier Stampfen ausgestattet und sind so gebaut, daß die Stampfen durch staubdicht schließende Stopfbüchsen gehen und das zerkleinerte Produkt durch eine ebenfalls dicht schließende Türe dem allseits geschlossenen Gehäuse entnommen wird. (Fig. 88.)

Das erhaltene Mehl wird durch feine Seidengaze gesichtet und sodann mit dem gemessenen Quantum der Wasserglaslösung

[1]) The manufacture of carbons. 1890.
[2]) 3. Kapitel S. 81.

gemischt. Dies kann auf einem Ovalkollergang oder einer Farbreibmühle beliebiger Konstruktion geschehen, wobei nur Kugelmühlen nach Art der Indigomühlen und Bogardusmühlen auszuschließen sind, weil in diesen das Material leicht mit Eisenstaub verunreinigt werden kann. Die Dochtmasse darf nicht zu dünn-

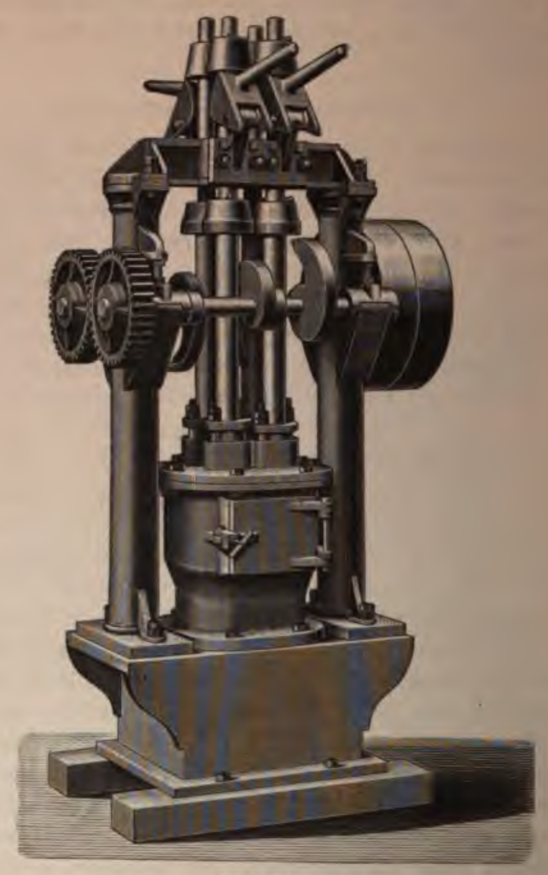


Fig. 88.

flüssig sein, da sonst beim Trocknen Hohlräume entstehen, welche ein Zucken des Lichtbogens veranlassen. Ist anderseits die Dochtmasse zu dick, so sind zum Einpressen große Drucke notwendig, und es kommt häufiges Zerspringen der Kohlenstäbe beim Dochten vor.

Die Menge der Aschenbestandteile in stark getrockneten Dochtmassen betrug z. B.

1.	bei Siemens-Dochtkohle	(1901) . . .	16,8 %
2.	„ Hardtmuth- „	(1895) . . .	15,8 „
3.	„ Schiff & Co.- „	(1901) . . .	18,85 „

Die Asche der Dochtmassen enthält meist 67—70 % Kieselsäureanhydrid, 21,5—25,7 % Kaliumoxyd, was beiläufig der Formel ($K_2Si_4O_9$) entspricht, der Rest sind Verunreinigungen und zwar Eisenoxyd und Aluminiumoxyd (2—3 %), ferner Calcium- und Magnesiumoxyd (0,5—1 %) und stets merkliche Mengen von Natriumoxyd (vgl. S. 81).

Im allgemeinen ist es gut, die Dochtmischung reich an Kohle und recht dickflüssig zu machen.

e) Dochtmaschinen.

1. Das Dochten kann mit einfachen Spindelpressen geschehen. Zuerst hat Pritchard (1890) eine solche beschrieben, welche in der nebenstehenden Fig. 89 abgebildet ist; dieselbe besteht aus

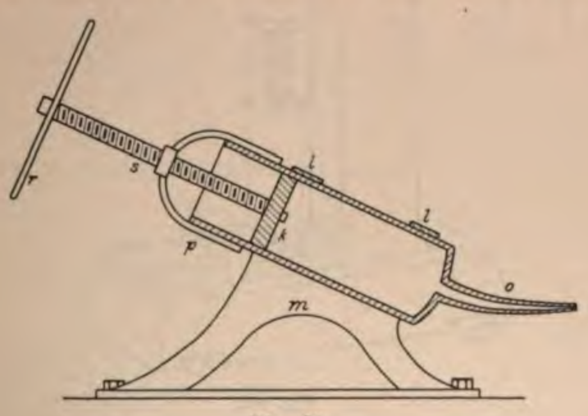


Fig. 89.

einem schiefliegenden Dochtzylinder, welcher mit zwei Lagern *l* auf dem Gestell *m* ruht und in die gekrümmte Spitze *o* ausläuft. Der Kolben *k* wird mit der Spindel *s* und dem Handrad *r* bewegt, der Bügel *p* ist beweglich, um das Füllen des Zylinders mit der Dochtmasse zu ermöglichen.

2. F. Pemsel und J. Braun bauen die Dochtpressen etwas anders (Fig. 90). Der Preßzylinder *c* hat an seiner Basis eine Öffnung *o*, in welche ein Mundstück mit kalibermäßiger hohler Spitze eingeschraubt wird; an dieselbe wird beim Dochten der Kanal der Kohle gesteckt, das Festdrücken der Kohle gegen das

Mundstück geschieht mit der Hand, das Auspressen des Dochtes wird mit Spindel *s* und Handrad *r* wie bei der vorigen Presse besorgt. Um den Massezylinder zu füllen, schraubt man die Spindel *s* in die Höhe und zieht den Zylinder *c* mit der Handhabe *h* längs der Schleifnut *n* so weit hervor, daß man die Dochtmischung bequem einfüllen kann.

3. Etwas bequemer ist die folgende Vorrichtung von J. Niewerth & Co.[1]) in Berlin (Fig. 91, etwas modifiziert). Auch diese

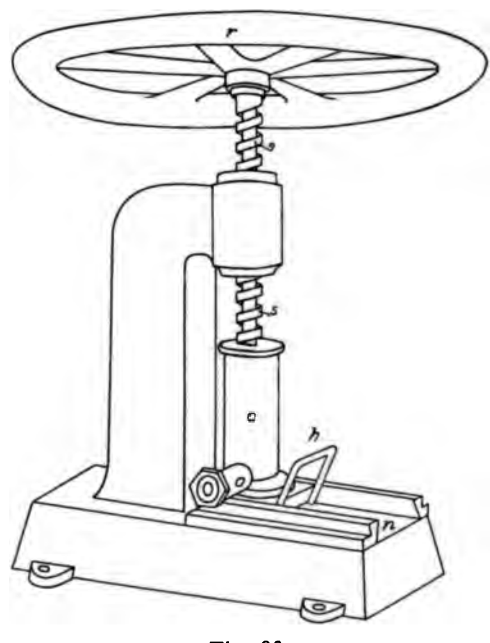


Fig. 90.

Maschine besitzt einen Dochtzylinder *c* mit Kolben *k* und Spindel *s*. Je nach der Länge der zu dochtenden Kohlen wird der Schlitten *a* auf der Tischplatte *t* verschoben; außer diesem Schlitten sind noch zwei verschiebbare Lager *l* für die Kohlen befestigt. Auf dem Schlitten *a* ist mit Hilfe des Bolzens *b* der Kopf *d* angebracht, welch letzterer in der angedeuteten Weise durchbohrt ist und durch die Feder *e* nach links gezogen wird; er gleitet in den Lagern *g*. Die Schraube *f* wird nur gelüftet, wenn der Kanal von Krusten der rasch erhärtenden Wasserglaslösung gereinigt werden soll. Um ein dichtes

[1]) D. R. P. 86776 von 1895.

Anliegen der Kohle zu ermöglichen, ist bei *i* ein Gummiring eingefügt. Soll eine Kohle gedochtet werden, so wird dieselbe in die Lager *l* gelegt, dann durch einen Tritt auf das mit Hilfe der Löcher verstellbare Hebelwerk *h* der Kopf *d* gegen die Kohle gedrückt und sodann durch Drehung der Spindel der Docht durchgepreßt, dessen Überschuß durch den Kanal *m* auf die schräge Platte *n* und von da in einen Blechkasten gelangt.

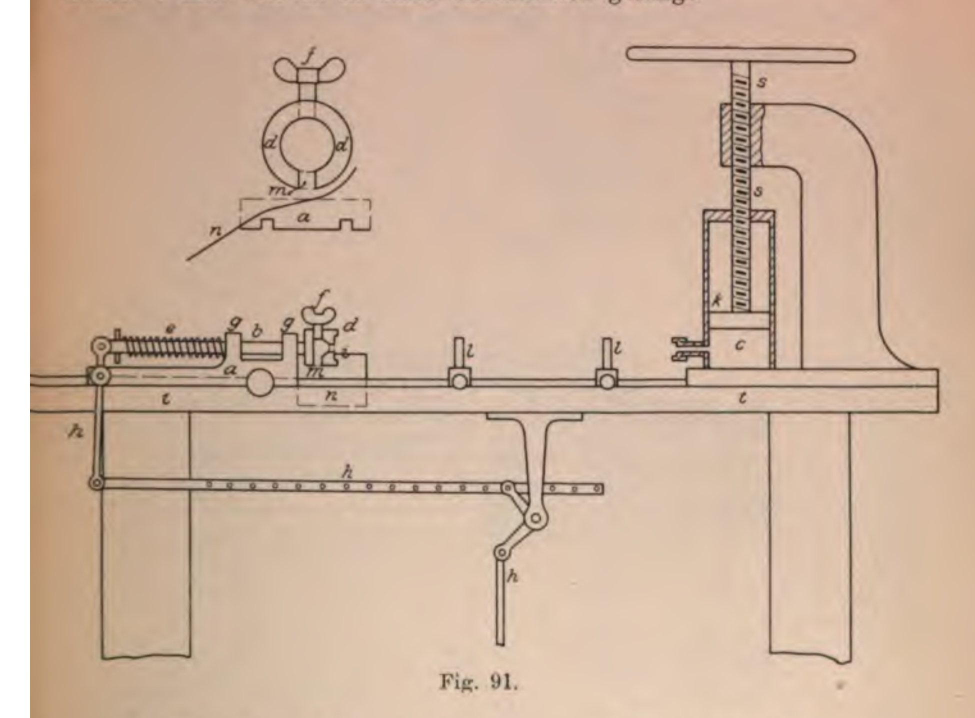


Fig. 91.

4. Weit komplizierter sind die von J. Dengg in Wien gebauten Dochtmaschinen, welche jedoch ein rascheres Arbeiten gestatten.[1]) In vielen Punkten sind sie den Spitzmaschinen derselben Firma nachgebildet (s. Fig. 50). Der Antrieb, die Vorrichtung zum Verschieben der Lager, zum Festhalten und Abnehmen der Kohlen sind wie dort konstruiert und in der schematischen Figur 92 mit denselben Buchstaben bezeichnet wie bei der Spitzmaschine. Auch hier ist ein Schlitten angeordnet, welcher den mit der Dochtmischung gefüllten Zylinder *m* trägt. Das Herauspressen der Dochtmasse geschieht durch einen mit Bleischeiben *p* beschwerten

[1]) 20000 Stück Kohlen können pro Tag gedochtet werden.

Kolben *k*. Der Zylinder besitzt an seinem unteren Ende zwei diametral gegenüber stehende Löcher *l l'*, durch welche ein kleiner Piston geht. Der Antrieb desselben erfolgt durch den dreikantigen Exzenter *o*, welcher in der in der Nebenfigur angedeuteten Weise in Bewegung gesetzt wird. Der Schlitten *s* hat zwei Zapfen. Der eine, *r*, schleift in der Nute der fest auf der Welle *w* sitzenden Scheibe *q* und bewirkt ein rasches Voreilen des Schlittens, ein kurzes Verweilen in seiner äußersten, rechten Lage und langsames

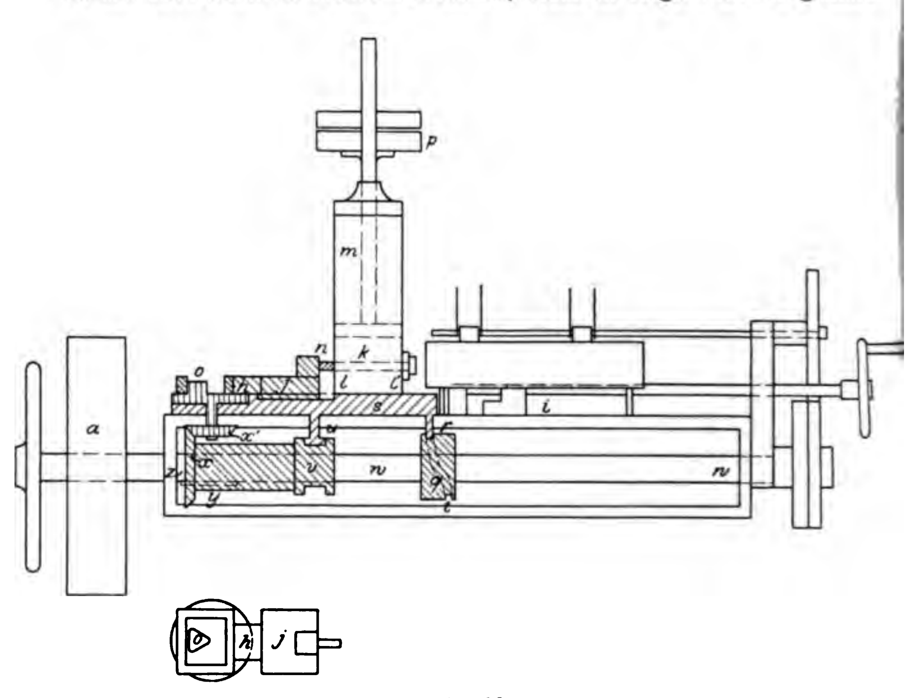


Fig. 92.

Zurückgehen. Dies wird durch die Gestalt der Nute *t* bedingt. Der zweite Zapfen *u* greift in die Scheibe *v*, welche gerade genutet und mit einem Zahnrad *x* verbunden ist. Dieser Teil macht die drehende Bewegung der Welle *w* mit, und zwar mit Hilfe der Nute *y*, in welche die Leiste *z* der Welle eingreift, gleichzeitig kann er sich aber auf eben dieser Leiste parallel der Wellenachse verschieben. Das erwähnte Kegelrad greift in ein zweites *x'* ein, durch welches der Exzenter bewegt wird; während sich der Schlitten *s* in seiner äußersten rechten Lage befindet, wird durch die Rotation der beiden Zahnräder der Exzenter zuerst so gedreht, daß der kleine

Piston *n* zurückgezogen wird, wodurch Dochtmasse herabsinkt, welche bei der nun folgenden Vorwärtsbewegung des Pistons in die zu dochtende Kohle gespritzt wird. Während des Rückganges des Schlittens erfolgt das Abheben der gedochteten und die Einführung der ungedochteten Kohle, worauf sich das Spiel des Mechanismus wiederholt. Der Antrieb der Maschine erfolgt der leichteren Handhabung

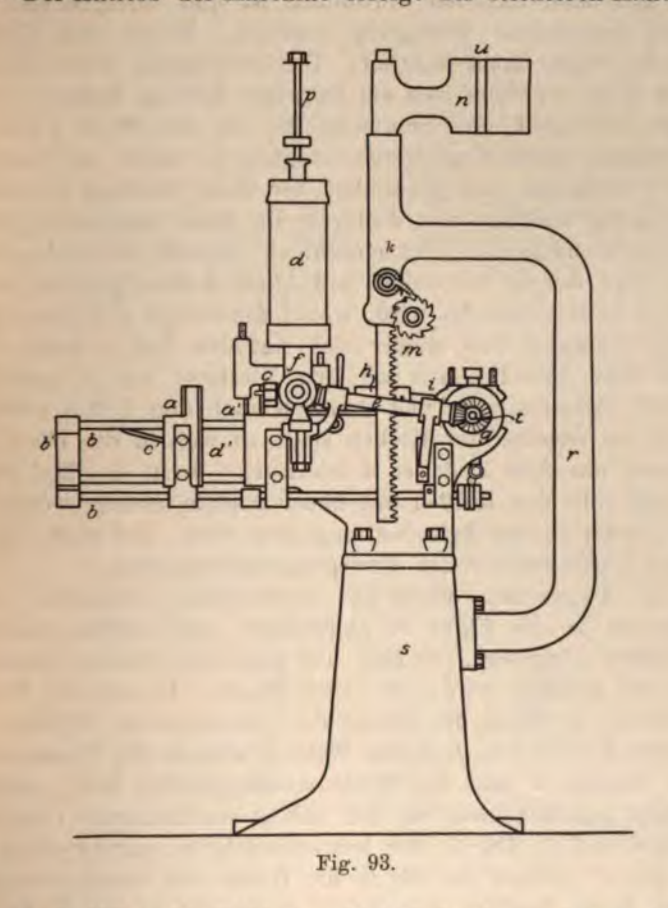


Fig. 93.

wegen mit Hilfe eines Hebels oder Handrades und einer Friktionsscheibe. Der Überschuß an Dochtmasse spritzt auf ein bei *i* angebrachtes Blech.

5. J. Pemsels halbautomatische Dochtmaschine ist in Fig. 93 dargestellt. Die Kohlenstifte werden in die federnden Klemmen *a a'* eingelegt, von welchen die eine, *a*, mittels des Teiles *d'* auf den drei Wellen *b* je nach der Länge der Kohlenstifte verschoben

werden kann und mittels der Feder c' in ihrer jeweiligen Stellung festgehalten wird. Die drei Wellen sind durch ein Querstück b' mit einander verbunden. Die Dochtmasse wird durch das Mundstück c in die Kohle gespritzt und zwar mit Hilfe eines kleinen Pistons, der durch ein Gleitstück h und Gelenkstange i mit einem auf der Welle t sitzenden Exzenter verbunden ist und infolgedessen eine hin- und hergehende Bewegung ausführt. Piston und Exzenter sind in der Figur nicht sichtbar. Die Dochtmasse wird aus dem Zylinder d, in welchem sich ein schwerer Kolben befindet, herabgedrückt und durch eine Schnecke, die auf der Welle f sitzt und ihre Bewegung durch Kegelradübertragung $g\,e$ erhält, zur Ausspritzöffnung c befördert, der gegenüber der oben erwähnte Piston seine Stoßbewegung ausführt und dadurch die Masse ausspritzt (ähnlich wie bei der Denggschen Dochtmaschine). Sobald der Dochtzylinder leer ist, wird der in demselben befindliche Kolben gehoben, indem der Teil n herübergedreht wird, wobei die Stange p in die Nute u eingreift, während ihre Mutter sich auf den Teil n stützt. Nun schraubt man mittels einer an den Vierkant von k gesteckten Kurbel die Zahnstange m und dadurch auch den Teil n sowie die Stange p, an welcher der Kolben sitzt, so weit in die Höhe, daß der Kolben aus dem Zylinder d heraustritt, dreht den Teil n nach rechts und füllt den Kolben mit neuer Dochtmischung, worauf der Kolben wieder in den Zylinder eingesetzt wird. Der starke Bügel r trägt den letztbeschriebenen Bewegungsmechanismus.

6. F. Pemsels vollständig automatisch arbeitende Dochtmaschine ist in der Figur 94 abgebildet. Die Kohlen werden in einen Kasten eingelegt, welcher aus zwei mit Leisten versehenen Wänden $e\,e'$ gebildet wird, die eine Wand e' ist auf der Welle a verschiebbar, je nach der Länge der einzulegenden Kohlen. Mit Hilfe einer Lieferwalze f, deren Welle b mittels der Riemscheibe s von der Scheibe a' (auf der Welle m) angetrieben wird, gelangen die Kohlen auf Schienen zu den mit Ausnehmungen versehenen Scheiben i und i'. Die in der letzteren Scheibe angebrachten Ausnehmungen z' reichen nur bis in die Hälfte der Scheibenbreite, so daß sich beim Dochten die Kohle gegen die in der Figur links befindliche Seitenwand der Ausnehmung stützt; die Seitenwand hat nur einen kleinen Kanal, durch welchen der Überschuß der Dochtmischung nach z' herausspritzt. Um die Kohlen während des Dochtens in den erwähnten Ausnehmungen festzuhalten, sind zwei Riemen angeordnet, deren Verlauf aus der oberen linken Abbildung ersichtlich ist. Der Riemen n läuft über die Rollen l und g, sodann zur Scheibe i, an welche er sich fest anlegt und dadurch die Kohlenstifte

ält, welche schließlich nach *p* hinab rollen, während der Riemen ler mit Riemenspannvorrichtung *r* versehenen Walze *q* und von

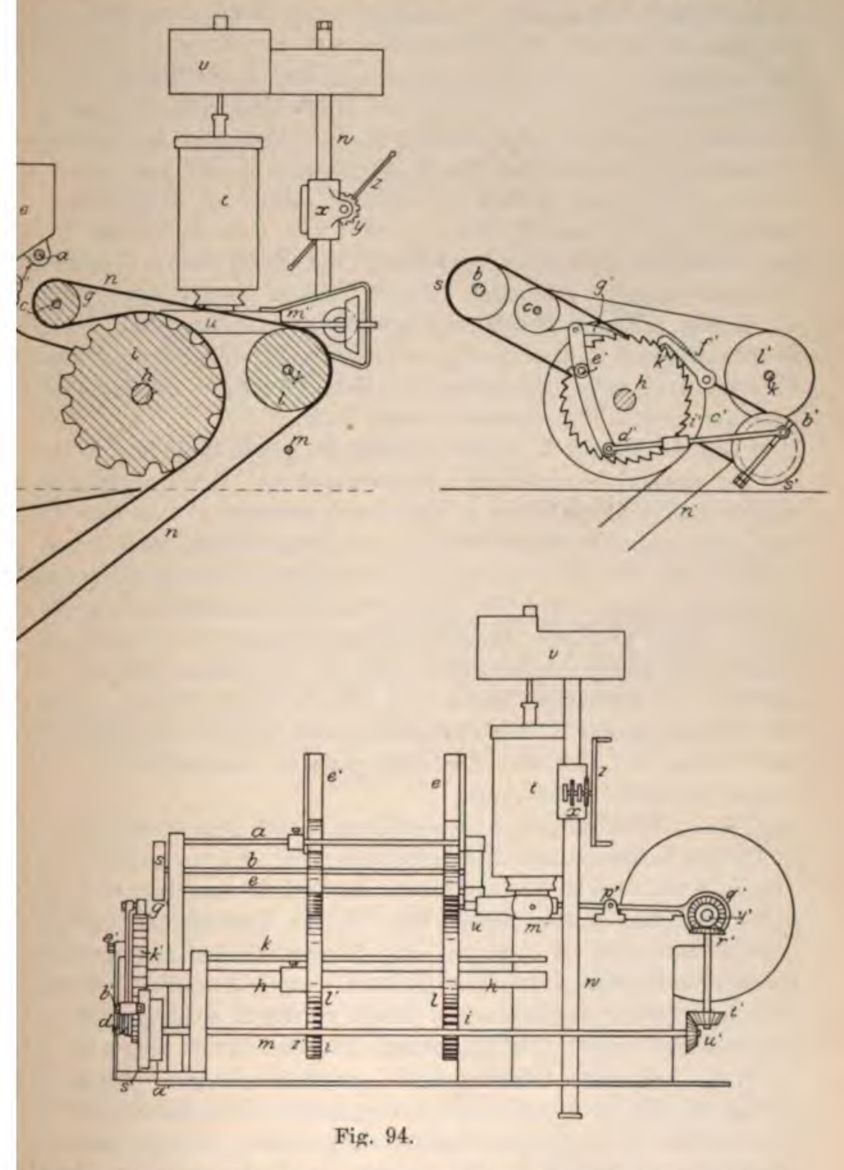


Fig. 94.

ur Scheibe *l* zurück läuft. Ganz analog ist der Verlauf des ten Riemens, welcher über *l' i'* u. s. w. gespannt ist. Der An-

trieb erfolgt von der Welle *h* aus, auf der die beiden Scheiben *i* und *i'* sitzen, und zwar in folgender Art: von der Welle *y'*, welche zum Antrieb der ganzen Maschine dient, wird die drehende Bewegung mittels der Kegelräder *u' t'* auf die Welle *m* und dadurch auf die Scheiben *a' s'* übertragen. Der Zweck der Scheibe *a'* wurde bereits angegeben. Die Scheibe *s'* trägt eine Nut, in welcher der Zapfen *b'* während der Drehung eine hin- und hergehende Bewegung macht, welche durch die Stange *c'* auf den um *e'* drehbaren Hebel und dessen bewegliche Klaue *g'* übertragen wird. Dadurch gerät die Scheibe *i* (und *i'*) in eine ruckweise Drehung im Sinne des Uhrzeigers, während die Sperrklinke *f'* eine Rückwärtsbewegung verhindert. Durch diesen Mechanismus wird nun die Achse mit den Scheiben *i* und *i'* so gedreht, daß bei jedem Stillstand eine Ausnehmung resp. ein in derselben befindlicher Kohlenstift gerade gegenüber der Dochtöffnung *u* zu liegen kommt und der Docht eingespritzt werden kann.

Der Dochtprozeß selbst erfolgt in ganz ähnlicher Weise wie bei der vorher beschriebenen Dochtmaschine. Der Dochtpiston wird mittels des Schleifstückes *p'* und des Exzenters *q'* von der Welle *y'* aus angetrieben. Seine Stellung ist eine solche, daß er in dem Augenblick, wo die ruckweise rotierenden Scheiben *i i'* stillstehen, eine Kohle genau vor die Dochtöffnung *u* gelangt, nach vorwärts (links) geht und die Dochtmischung herauspreßt. Eine an der Welle *m'* sitzende Schnecke bewegt die Dochtmasse gegen *u*. Der Antrieb der Schnecke ist in der oberen linken Figur gezeichnet. Der Dochtzylinder *t*, der um *w* drehbare Teil *v*, die Zahnräder *y*, der Teil *x* und der Hebel *z* sind ganz so konstruiert wie bei der vorher erwähnten Maschine.

Nach Mitteilungen aus der Praxis arbeiten beide Maschinen F. Pemsels zur vollen Zufriedenheit.

7. Justus Ch. Braun[1]) baut auch Dochtpressen mit hydraulischem Antrieb, von denen Fig. 95 die Daraufsicht und Seitenansicht darstellt. *w* bedeutet den Wasserzylinder, in welchen das Druckwasser, das von dem Umschaltventil *v* kommt, durch das Rohr *r* eintritt, den Kolben *k* nach vorwärts schiebt und in den Dochtmassezylinder *b* hineinpreßt. Dieser letztere trägt an seinem anderen Ende drei Öffnungen, in welche, wie gewöhnlich, Mundstücke *m* mit hohlen Dornen *d* eingesetzt sind, durch welche die Dochtmasse in die Kohlenrohre eingespritzt werden kann. Die Hebel *h* ermöglichen es, den Austritt der Dochtmasse in die Mund-

[1]) Privatmitteilung.

stücke zu regulieren oder ganz zu sistieren. Der Massezylinder *b* ist gegen den Wasserzylinder durch die beiden Stahlkolonnen *c* versteift und ist zugleich um die Welle *a* drehbar. Soll er mit Dochtmasse gefüllt werden, so wird der Piston *k* durch das von *s* kommende Druckwasser zurückgezogen, hierauf der Vorstecker *e*, welcher den Massezylinder mit Hilfe des gelochten Lappens *l* in horizontaler Lage festhält, herausgezogen, worauf der Zylinder *b* um die Achse *a* gedreht und mit Dochtmasse angefüllt werden kann.

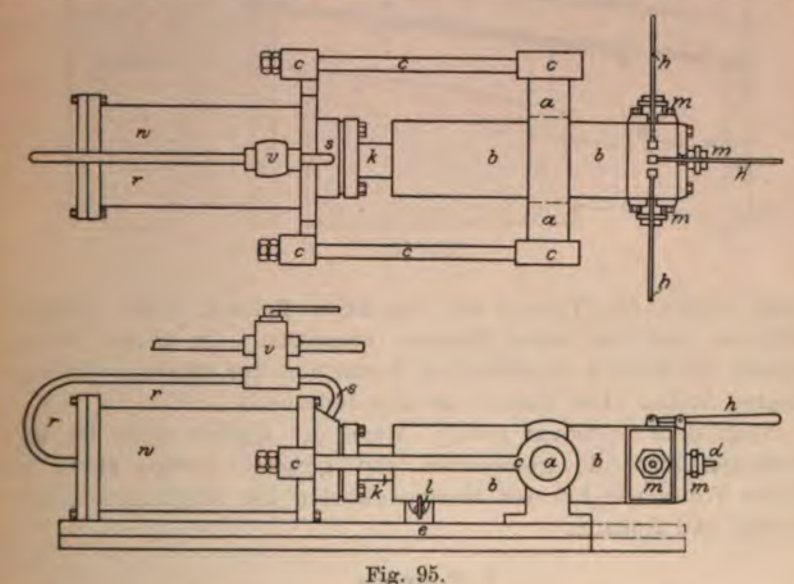


Fig. 95.

Die gedochteten Kohlen werden nun mit Kratzbürsten, welche auf zwei gegeneinander rotierenden Holzscheiben aufgezogen sind, und hierauf noch mit Putzwolle gereinigt und sodann getrocknet.

Das Trocknen muß gleich dem Dochten sehr sorgfältig geschehen, da sonst Hohlräume entstehen, welche die Ruhe des Lichtes beeinflussen. Während des Trocknens darf die Temperatur nur allmählich gesteigert werden, da die sich bildenden Wasserdämpfe sonst leicht die Dochtmasse wieder aus dem Dochtkanal heraustreiben können. Zur Erwärmung wird man am besten die Abhitze irgend welcher Öfen benutzen. Die Figur 96 zeigt einen solchen Trockenofen, der aber auch für direkte Feuerung geeignet ist, wie auch in der Zeichnung angedeutet. Derselbe besteht aus einem geneigten Kanal, welcher einen Boden aus gußeisernen Platten besitzt (*p*). Die Kohlen kommen auf Drahtnetze, welche auf Rahmen *r*

von handlicher Größe gespannt sind, in einfacher Reihe zu liegen. Diese Rahmen werden hintereinander in den geneigten Kanal eingeschoben und werden dabei allmählich stärker erhitzt. Der Rost liegt bei *m*, das Feuer streicht unter den Eisenplatten hin und geht sodann in den Fuchs *n*. Bei der Schiebetüre *s* wird der Rahmen mit den getrockneten Kohlen herausgenommen, und sodann

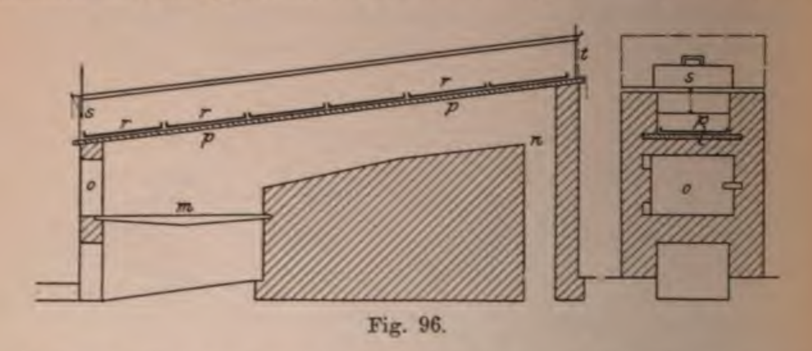


Fig. 96.

werden durch die Türe *t* die folgenden Rahmen nach abwärts geschoben und ein neuer Rahmen eingesetzt. In dieser Weise passieren die Kohlen langsam den Kanal von der kühlsten bis zur heißesten Stelle. Der Betrieb ist kontinuierlich.

Nach dem Trocknen erfolgt, wenn die Kohlen nicht im ungebrannten Zustande geschnitten und gespitzt worden sind, in gleicher Weise wie bei den Homogenkohlen das Abschneiden, Abschleifen und Spitzen.

f) Polieren.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß man die Lichtkohlen mitunter auch poliert, was übrigens gegenwärtig nur mehr wenig üblich ist. Die dazu benutzten Maschinen sind dieselben wie in der Bleistiftfabrikation, nur von etwas größeren Dimensionen. Die Figur 97 zeigt eine solche Maschine in der Darauf- und Seitenansicht, sowie eine Walze.

Das Polierpolster *a*, welches im Gelenke *d* beweglich ist und auf den Rollen *r* nur lose aufruht, wird mittels des Schlittens *b* und der exzentrisch an dem Rade *e* befestigten Stange *c* in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt. Der Antrieb erfolgt durch die Scheiben *ff'*.

An derselben Welle sitzt eine Schnurscheibe *g*, durch welche mittels der Schnurscheiben *hik* die Stange *s* in Bewegung gesetzt wird. An derselben sitzen zahlreiche exzentrische Scheiben *l*, welche

durch die Stange *s* in rotierende Bewegung gebracht werden. Dadurch geraten aber auch die eisernen Rollen *r* in Rotation und gleichzeitig mit diesen die zwischen ihnen parallel mit ihrer Achse

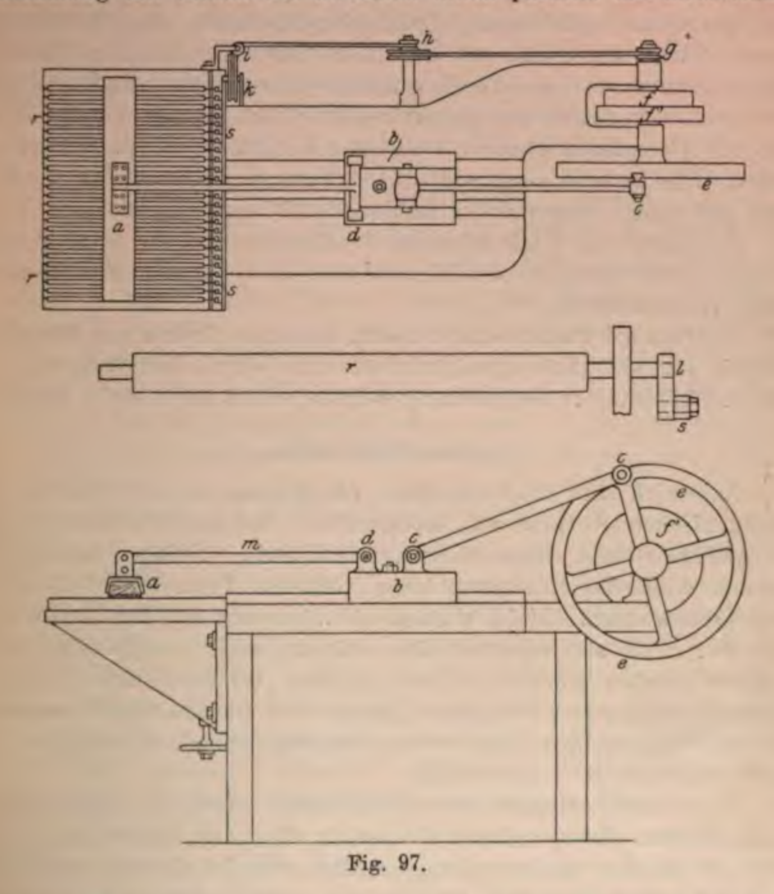


Fig. 97.

gelagerten Kohlen, wodurch erzielt wird, daß nach und nach alle Flächenteile der Kohlen mit dem Polierpolster in Berührung kommen. Sollen die Kohlen fortgenommen und durch neue ersetzt werden, so wird das Polierpolster mit der Stange *m* in die Höhe geklappt.

g) Metallüberzüge.

Lichtkohlen werden nicht selten mit galvanischen Überzügen aus Kupfer (oder auch Nickel) versehen. Zweck derselben soll die Herabsetzung des Widerstandes sein. Dieser Vorteil ist aber gering, da die Kupferschicht meist sehr dünn ist. Jedoch bringt die

Société le Carbone Kohlen von größerem Durchmesser (13—30 mm) in den Handel, welche eine stärkere Verkupferung (0,2 mm) haben und für Scheinwerfer und Leuchtturmlampen Verwendung finden.

Besonders beliebt war die Verkupferung in den Vereinigten Staaten, wahrscheinlich, um Schönheitsfehler der Kohlen (Flecken u. dergl.) zu verdecken. Die Zusammensetzung der zur Verkupferung der Kohlen verwendeten galvanischen Bäder ist die gewöhnliche. Brandt[1]) empfiehlt Kupfervitriollösung mit Zusatz einer organischen Säure. Die Badspannung soll 1,5—2 Volt, die Stromdichte $^1/_2$ Ampère pro 1 dm² eingetauchte Kohlenoberfläche betragen.

Ich halte die Verkupferung bei Lichtkohlen für unnötig und wegen des Eindringens des Elektrolyten in die poröse Kohlenmasse sogar für nachteilig.

Endlich sei darauf hingewiesen, daß man früher aus Retortengraphit und Teerkoks gesägte Stäbe als Lichtkohlen angewendet hat (s. Einleitung). Gegenwärtig werden solche nicht mehr benutzt.

h) Imprägnierung.

Zahlreich sind die Vorschläge, die gebrannten Lichtkohlen mit unorganischen Körpern zu imprägnieren, um deren Lichtemission, Leitfähigkeit und Brenndauer zu erhöhen. Solche Substanzen können auch der Kohlenmischung vor dem Pressen und Brennen zugesetzt werden. Meist werden sie aber der fertigen Kohle einverleibt, weil sie während des Glühens meist verflüchtigt oder zersetzt werden würden. Über Art und Wirkung dieser Körper ist schon früher das Wichtigste gesagt und auch mitgeteilt worden, daß im allgemeinen eine solche Imprägnierung überflüssig, wo nicht schädlich ist (siehe S. 82).

Man kann Lösungen oder Schmelzflüsse anwenden. Im ersteren Falle werden die erwärmten Kohlen in die kalte Lösung gebracht, oder sie werden in der Lösung erhitzt oder in einem evakuierten Kessel mit der Flüssigkeit durchtränkt, etwa so, wie Napoli seinerzeit verfuhr (s. S. 6). Hauptsache ist dabei, ein möglichst tiefes Eindringen der Lösung in die Kohle zu bewerkstelligen. Verwendet man Schmelzflüsse, so taucht man die Kohlen einfach ein und wischt das äußerlich Anhaftende mit Asbest oder Glaswolle ab. Ebenso verfährt man, wenn man der Kohle bloß einen Überzug geben will.

Ein großer Übelstand solcher imprägnierter Kohlen ist, daß die Salze häufig Feuchtigkeit an sich ziehen, oberflächlich aus-

[1]) Chemiker-Zeitung 1901. No. 89.

wittern, wodurch der Fehler, welcher der Imprägnierung von vornherein anhaftet, daß nämlich die Verteilung der Salze im Kohlenkörper ungleich ist, natürlich vergrößert wird. Sind die angewendeten Salze sehr hygroskopisch, so kann der dadurch erhöhte Feuchtigkeitsgehalt die Ruhe des Lichts sehr ungünstig beeinflussen, ja sogar die Bildung des Lichtbogens verhindern. Außerdem sehen solche Kohlen mit ihren weißen oder gefärbten Effloreszenzen nicht sauber aus und kleben in ihren Paketen zusammen.

2. Elektroden.

Die in gewöhnlicher Weise hergestellten Elektroden werden, nachdem sie geglüht worden sind, auf ihr Aussehen untersucht und der Ausschuß (krumme, querrissige, stark verzogene Stücke) beseitigt. Der letztere wird wieder gemahlen und der Mischung für Elektroden wieder zugesetzt oder auch als Füllmaterial für die Glühtiegel verwendet. Die gut befundenen Stücke sind fertige Handelsware.

Die Elektrolyse der Chloralkalien hat wie bei allen ihren technischen Aufgaben, so auch bezüglich der Herstellung von Kohlenelektroden eine beträchtliche Zahl von Vorschlägen und Patenten gezeitigt. Einfachheit der Fabrikation und Verwendung möglichst billiger, reiner und widerstandsfähiger Kohle sind die leitenden Gesichtspunkte. Daher die verschiedenen Versuche, den Retortengraphit ohne vorherige Mahlung direkt in Stücken, wie sie aus der Gasanstalt kommen, zu verwenden. Im folgenden sollen diese Vorschläge, soweit sie im Rahmen unserer Darstellung bisher keinen Raum fanden, in Kürze besprochen werden.

1. Elektroden aus gebrannten Stücken zusammengesetzt. Einige Firmen[1]) bringen gesägte Retortenkohle in den Handel. Regelmäßige Stücke sind aber nur in kleineren Dimensionen herzustellen, weil ja die Retortenkohle nur in gekrümmten Stücken zu haben ist, wie es die Gestalt der Gasretorten bedingt.

Für die Alkaliindustrie hat man daher mehrfach versucht, unregelmäßige Stücke der Retortenkohle in verschiedener Weise zu größeren Körpern zu verbinden.

Die Electrolytic caustic soda and Chlorine Trust Ltd. (Kent)[2]) versieht roh zugehauene Retortengraphitstücke an einem Ende mit

[1]) Gerling, Hannover; F. Othmer, Hannover.
[2]) Engl. P. 19953 von 1892. Elektrot. Zeitschr. 1893.

zwei Einschnitten, die nach dem Einlegen des Zuleitungsdrahtes mit Blei vergossen werden.

C. Hoepfner[1]) und Steffahny[2]) befestigen auf einem größeren Kohlenkörper Retortengraphitabfälle und künstliche Kohlenstücke, wodurch die Oberfläche vergrößert wird. Der letztgenannte setzt in das noch weiche Gemenge von Ruß, Graphit und Teer die Retortenkohlenstücke ein und brennt darauf das Ganze. Ferner können die Stücke in Nuten oder Löcher der bereits gebrannten Kohle eingesetzt oder aufgeschraubt werden.

C. Hoepfner[3]) bildet aus Retortengraphitstücken mit Hilfe eines nichtleitenden Bindemittels (Asphalt) eine pflasterartig zusammengesetzte Platte oder er befestigt die Stücke bürstenartig auf einer Unterlagsplatte. Dann wird eine Seite durch Einreiben mit Graphit leitend gemacht und mit einem galvanischen Überzug versehen. Diese Elektroden sind doppelpolig.

Elektroden, welche aus Stücken zusammengesetzt sind, bringt die Société le Carbone Paris in den Handel. Die Verbindung erfolgt in der aus Fig. 56 No. 8 ersichtlichen Art mit Hilfe von Mutterschrauben aus Ebonit, welchen die Firma unbegrenzte Haltbarkeit zuschreibt. Das Auswechseln schadhafter Stücke läßt sich leicht bewerkstelligen. Die Anordnung mag ganz zweckmäßig sein, besonders deshalb, weil man auf diese Weise verhältnismäßig dünne Elektroden von großer Oberfläche bilden kann, im Großbetriebe aber wird diese Anordnung wohl zu kompliziert und zu teuer sein.

Massé[4]) kittet eine Anzahl Platten mit einer Paste aus Fruchtzuckerlösung mit einem Zusatz von 10% Dextrin oder aus Teer und feinem Kohlenpulver zusammen und glüht das Ganze in einem eisernen Gefäß bei Rotglut (Fig. 56 No. 9).

E. H. Liveing (London) reinigt die Retortenkohle nach einem alten, aber schlechten Verfahren, indem er sie im Chlorstrom erhitzt, wobei die in derselben noch enthaltenen Kohlenwasserstoffe beseitigt werden sollen. Hierauf wird auf ein Sieb oder einen Rost von nicht leitendem Material die Retortenkohle in groben Stücken aufgebracht und durch einen dieselben berührenden Kohlenstab mit dem positiven Pol verbunden. Der Kohlenstab wird in dem Maße, als er sich abnützt, nachgeschoben. Der Anodenraum wird durch eine Kohlenplatte verschlossen.[5])

[1]) Engl. P. 17505 von 1895.
[2]) D. R. P. 90032 von 1894.
[3]) D. R. P. 90636.
[4]) D. R. P. 58956.
[5]) Engl. P. 3744 von 1893.

Ähnlich ist die Anordnung der Union Chemical Co.[1])

Craney[2]) verwendet ebenfalls Stücke von Retortenkohle und führt den Strom durch Graphitmassen zu, welche in Tonröhren eingeschlossen sind (siehe Peters, Elektrochemie, II, 1, S. 193).

Die meisten der erwähnten Verfahren werden wohl in den betreffenden elektrochemischen Werken ausgeführt, dort wo die Elektroden gleich an Ort und Stelle verwendet werden können.

2. Überzüge. So wie bei Lichtkohlen hat man auch bei Elektroden mehrfach Überzüge vorgeschlagen. Ich führe einige dieser Vorschläge an, muß aber bemerken, daß derlei Überzüge, wenigstens für Elektroden zur Alkalielektrolyse und dergl., sich nicht bewährt haben.

Die Gebrüder Capellen paraffinieren die Kohlenkörper.[3]) Dies steigert den Widerstand zwar nicht erheblich, jedoch ist bekannt, daß das Paraffin durch Chlor sehr stark angegriffen wird.

W. Spilker[4]) kombiniert die Kohle mit Blei, welch letzteres bei der Alkalielektrolyse zunächst ins Chlorid und dann ins Hyperoxyd übergeht, das die Kohle in Form eines festhaftenden Belages bedeckt.

C. Hoepfner[5]) will Ferrosilicium verwenden.

G. Barnett[6]) macht den abenteuerlichen Vorschlag, die Elektroden mit Baumwollsammet, welcher mit Platinlösung getränkt wurde, zu bekleben und diesen dann samt dem Bindemittel zu verkohlen. Dadurch soll die Oberfläche der Kohle vergrößert werden.

Für Karbidelektroden haben Siemens & Halske Überzüge vorgeschlagen, welche dazu dienen sollen, die Kohlen bei der Verwendung im elektrischen Ofen vor einer vorzeitigen und übermäßigen Verbrennung zu schützen.[7]) Um das Festhaften des Überzuges zu sichern, welches durch die verschiedene Ausdehnung von Kohle und Überzug erschwert wird, soll die Elektrode mit schwalbenschwanzförmigen Nuten versehen werden (siehe Fig. 56 No. 10). Man benutzt einen Überzug, welcher aus einem Gemisch von Lehm und Kaolin oder auch aus Calciumkarbid besteht, welch letzteres mit Hilfe des Lichtbogens aufgeschmolzen, oder durch Zusammen-

[1]) Engl. P. 23436 von 1893.
[2]) Engl. P. 9949 von 1894.
[3]) Engl. P. 13521 von 1896.
[4]) D. R. P. 73221.
[5]) D. R. P. 68748.
[6]) D. R. P. 75221.
[7]) D. R. P. 102964. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1899.

schmelzen von Kalk und Kohle erst auf der Oberfläche der Elektrode erzeugt wird.

3. Batteriekohlen.

Nach dem Brennen werden etwa entstandene Unebenheiten auf der Schmirgelscheibe abgeputzt, kleine Risse in der Oberfläche, welche für die Funktionierung der Kohle belanglos sind, mit Paraffin-Graphitgemisch verklebt[1]) und endlich der Kopf der Kohle, welcher die Klemme tragen soll, paraffiniert. Nach Brandt[2]) erwärmt man zu diesem Zweck die Kohlen auf etwa 200° und taucht sie in eine geschmolzene Mischung von Paraffin und Schellack, so daß sie auf etwa 30—40 mm Höhe damit durchtränkt werden. Statt des Paraffins kann man auch Asphaltlack oder Wachs verwenden. Zweck des Überzuges ist das kapillare Emporsteigen der Salze und die Korrosion der Klemmen zu verhindern. Die Klemmen werden gewöhnlich mit Dochtmischung (s. diese), weniger gut mit Teerkohlenmischung eingeklebt. Statt die Klemmen direkt an der Kohle zu befestigen, umgießt man die Köpfe der Kohlen mitunter mit Blei, in welches dann die Klemme eingeschraubt wird, oder man verkapselt dieselben, lötet die unten blattförmig verbreiterten Kontaktschrauben an und überzieht die Lötstelle mit Asphaltlack (siehe auch S. 153, 5. und S. 158).

Imprägnierungsverfahren werden bei Batteriekohlen meist nicht angewendet, sondern die betreffenden Zusätze der Kohlenmischung vor dem Pressen einverleibt. Doch sei hier das Imprägnierungsverfahren von J. Lingenhöl in Göppingen (b. Augsburg)[3]) erwähnt. Nach diesem wird die in die gewünschte Form gebrachte und geglühte Kohle (verkokte Steinkohle) in ein Säurebad gesetzt, um die in ihr enthaltenen fremden Stoffe zu entfernen, sodann wird die Kohle in noch feuchtem Zustand in Salmiakpulver gewälzt oder damit bestreut und darauf behufs Einziehens des Salmiaks in die Poren der Kohle über schwachem Feuer getrocknet. Durch diese Behandlung werden die Poren der Kohle geschlossen und das Eindringen von Luft, Feuchtigkeit und Staub in dieselben verhindert. Ferner gestaltet sich nach dem Einsetzen solcher mit Salmiak imprägnierten Kohlen in die Elektrolyten die Stroment-

[1]) Härdén, Elektrotechn. Anzeiger 1902. No. 1.

[2]) Chemiker-Ztg. 1901. No. 89, siehe auch Peters, angewandte Elektrochemie. I. S. 89.

[3]) D. R. P. 122269.

wickelung von Anfang an gleichmäßiger als bei anderen Kohlen. Ich halte die Methode für belanglos.

4. Dynamobürsten.

Wurden dieselben vor dem Brande bereits auf die gewünschten Dimensionen (natürlich mit Berücksichtigung des Schwindemaßes) abgeschnitten, so erübrigt nur mehr, sie genau abzuschleifen und zu polieren. Hat man aber die Kohle in Strangform gepreßt, so muß sie jetzt abgeschnitten werden. Dies geschieht so wie bei den Lichtkohlen, nur ist es hier im allgemeinen leichter, weil Dynamobürsten niemals eine größere Härte haben dürfen. Da es bei denselben jedoch auf große Genauigkeit in den Dimensionen (bis auf Bruchteile eines Millimeters) ankommt, so werden die abgeschnittenen Stücke mit Hilfe hölzerner Schablonen auf einer ganz feinen Schleifscheibe zurecht geschliffen und schließlich auf Schieferplatten poliert. Dadurch erhalten namentlich die elektrisch geglühten Kohlen ein ausgezeichnetes Ansehen.

Häufig werden die Schleifkontakte verkupfert, was hier wegen Herabsetzung des Übergangswiderstandes mehr Zweck hat wie bei Lichtkohlen. Im übrigen sei auf das dort Gesagte verwiesen.

5. Mikrophonkohlen.

Dieselben werden ganz so behandelt wie die Schleifkontakte. Da es auch hier auf genaue Dimensionierung ankommt, wird das Nachschleifen auf der feinen Schleifscheibe nötig sein.

Früher stellte man die Mikrophonkohlen durch Sägen und Schleifen aus Holzkohlen- und Retortenkohlenstückchen her. Erwähnt sei hier noch das sog. Metallisieren der Mikrophonkohlen.[1]) Das betreffende Kohlenstück wird auf Weißglut erhitzt und in diesem Zustande in Quecksilber gesenkt. Die Folge davon ist das Eindringen des Quecksilbers in Form feiner Tröpfchen in das Innere der Kohle. Auch kann man die Kohlenkörper zusammen mit Zinn oder Zink in einem Tiegel auf Weißglut erhitzen. Oder man tränkt die Kohle mit einer Platinsalzlösung und erhitzt hierauf bis zur Zersetzung des Salzes.

Nach meinen Erfahrungen ändert sich dadurch der Widerstand der Kohle nicht wesentlich.

---

[1]) Hughes, Compt. rend. 1878, 1179.

6. Andere Kohlenkörper.

Bei allen anderen Kohlenkörpern beschränkt sich die Fertigstellung auf Aussortieren der im Ofen durch Springen, Verziehen u. dgl. unbrauchbar gewordenen Stücke, Abputzen und eventuelles Nachschleifen der brauchbaren Ware.

Die Kohlen für Beleuchtungsapparate werden in Bündel von handlicher Größe gepackt und mit Etiketten, auf welche die Mischung, aus der sie hergestellt sind, sowie die Dimensionen ersichtlich sind, versehen. Elektroden und andere Kohlenkörper werden einfach nach ihrer Größe geordnet, in geeigneten Fächern des Magazins aufbewahrt.

Der Transport erfolgt in Kisten, welche man mit Weißblech ausschlägt, wenn Lichtkohlen übers Meer verfrachtet werden. Bei der verhältnismäßig geringen Zerbrechlichkeit der Kohlenkörper genügt als Packmaterial grobe Holzwolle. Sehr große Elektroden werden wohl auch direkt in geschlossene Güterwagen geladen.

8. Kapitel.

Amerikanische Methoden.

Die Vereinigten Staaten haben von allen Staaten weitaus die meisten Beleuchtungsanlagen und dementsprechend einen großen Konsum von Lichtkohlen. Bis vor wenigen Jahren wurde die Hauptmenge der Dochtkohlen von Europa importiert, und im Lande selbst wurden nur Homogenkohlen nach dem im folgenden beschriebenen Verfahren erzeugt. In letzter Zeit werden aber auch Dochtkohlen wahrscheinlich nach den europäischen Verfahren hergestellt.

Die folgende Darstellung der Homogenkohlenfabrikation ist dem mehrfach erörterten Buche des Amerikaners Jehl entnommen.[1]) Als Rohmaterial wird der in Amerika sehr billige Petrolkoks verwendet. Derselbe wird in Retorten, welche mit Petroleumrückständen gebeizt werden, auf Weißglut erhitzt und dadurch von flüchtigen Anteilen befreit. Ist dies gründlich geschehen, so erscheint er trocken und bröcklig; während der Entgasung verliert das Material bis zu 30 % seines Gewichtes. Der erkaltete Koks wird in einer Kugelmühle mit französischen Hornsteinen gemahlen und hierauf durch ein feines Sieb (Seidengaze) gesichtet. Das abgesichtete Material wird weiter verarbeitet, während das grobe in die Mühle zurückgebracht wird.

Abweichend von unserem Verfahren dient das billige Hartpech als Bindemittel. Auf die Nachteile, welche die Anwendung desselben mit sich bringt, wurde früher hingewiesen (siehe S. 80). Das Pech, welches in Fässern in die Fabrik kommt, wird in handliche Stücke zerschlagen und in ähnlicher Weise wie der Koks zerkleinert. (Diese Mahlung dürfte Schwierigkeiten bieten, wenn nicht Erwärmung der Verkleinerungsmaschinen vollständig aus-

[1]) Siehe auch Dinglers polyt. Journal 297, 94.

schlossen ist.) In der Brikettindustrie verwendete man dazu Walzenstühle.[1])

Die Hauptsache bei der Herstellung guter Kohlen ist eine gründliche, sorgfältige Mischung der beiden Ingredienzien, welche aber sehr fein gemahlen sein müssen. Sie werden genau gewogen und in die Mischmaschine gebracht. Dieselbe ist ein drehbarer Blechcylinder, in dessen Innerem sich eine Welle, aber mit doppelter Geschwindigkeit, dreht und mit ihren Flügeln jeden Teil der Trommel bestreicht. Die letztere wird auf circa 300° F. (= 150° C.) erhitzt, damit das weichwerdende Pech sich mit der Kohle zu einer plastischen Masse verbindet, was in ungefähr einer halben Stunde geschehen ist. Dann läßt man die Mischung während 10—12 Stunden erkalten, wobei sie so hart wird, daß man sie vor dem Formen wieder mahlen muß; dies geschieht in einer Mühle, welche aus zwei geriffelten Scheiben besteht, welche einen Durchmesser von 30 Zoll besitzen und sich im entgegengesetzten Sinn mit einer Tourenzahl von 1500 pro Minute drehen. (Two discs, 30 inches diameter, with corrugated face plates about one onehundredth of an inch apart.) Von da geht das Material in eine Beutelmaschine und rutscht von dieser durch Röhren abwärts in Behälter, welchen der Arbeiter es entnimmt und passende Mengen davon abwägt, welche für je eine Form ausreichen.

Die Form, zuvor mit schwerem Öl geschmiert, wird vom Arbeiter gefüllt und das Material gleichmäßig mit einem Spatel verteilt, damit eine gleichförmige Dichte des Produktes erzielt wird. Nun wird der Deckel auf die Form gesetzt, das Ganze passiert einen Ofen, der auf 300° F. erwärmt ist, und sobald die Masse etwas teigig wird, bringt man die Form unter die hydraulische Presse, welche einen Druck von einigen 100 Tonnen ausübt. Nachher wird die Form weggeführt und geöffnet. Jede Form samt Deckel enthält 16—18 Hohlräume, welche die Gestalt der Kohlen besitzen, und zwar sind die Nuten in der Form und im Deckel halbzylindrische Hohlräume, welche aufeinander passend zu einem Hohlzylinder sich ergänzen. Infolge des großen Druckes quillt etwas Kohlenmaterial über und die weichen Kohlen erscheinen daselbst durch dünne Leisten miteinander verbunden. Diese ganzen, noch weichen Kohlenkörper werden in Platten gelegt, welche geeignet sind, sie vollständig aufzunehmen, und diese Platten werden aufeinander gestellt, damit durch das Gewicht der aufliegenden Platten einem Krummwerden der Kohlen vorgebeugt wird.

[1]) Oppler, Die Fabrikation der Briketts. 1864. S. 36.

Dann werden — nach dem Erkalten — die einzelnen Kohlen losgebrochen, auf die passende Länge abgeschnitten und die noch vorstehenden Leisten abgekratzt, worauf die Kohlen in den Ofen gebracht werden. Derselbe hat rechteckigen Grundriß (34×11 Fuß), eine Tiefe von 4 Fuß und ist zu $^2/_3$ unter die Erde versenkt. Er ist aus feuerfesten Steinen erbaut und besteht aus mehreren nebeneinander befindlichen Kammern. Die Kohlen werden sorgfältig eingesetzt und durch gewaschenen und getrockneten Sand (vom Ontariosee) voneinander isoliert und vor der Einwirkung der Luft geschützt. Darüber kommt nun ein domartiger Deckel, hoch genug, um den Feuergasen zwischen sich und der die Kohlen bedeckenden Sand- und Ziegelschicht freien Abzug zu geben. Dieselben umspülen den Boden und die Seiten des Ofens, so daß derselbe von allen Richtungen erhitzt wird. In jede Kammer eines solchen Ofens können etwa 75000 Kohlen von mittleren Dimensionen eingesetzt werden. Nachdem nun der Deckel aufgesetzt und mit feuerfestem Ton verschmiert ist, beginnt das Feuer. Als Brennmaterial dient hier ebenso wie bei den Retorten und Formenöfen rohes Erdöl oder die Rückstände von der Destillation desselben. Die ersten 48 Stunden wird schwach geheizt, damit die flüchtigen Körper entweichen, ohne in der Kohle Blasen zu erzeugen, darauf wird 48—60 Stunden stark gefeuert, dann werden die Feueröffnungen geschlossen und man läßt nun 48 Stunden abkühlen, bevor man den Deckel abhebt. Derselbe ist auf Rädern beweglich, wird weggefahren, und aus den Kammern werden von verschiedenen Stellen Probekohlen entnommen, deren Widerstand mit Wheatstonscher Brücke und Galvanometer geprüft wird. Ist der Widerstand aller Muster größer als 0,4 Ohm, so wird der Ofen wieder zugedeckt und weiter geheizt. Im andern Falle wird der Ofen ausgeleert, die heißen Kohlen werden mit Gabeln herausgenommen und nach dem Erkalten sortiert, indem man sie auf völlig ebenen Stahlplatten rollen läßt. Hierauf werden sie verkupfert, gewaschen, getrocknet und verpackt.

Soweit sich aus dieser kurzen Darstellung ersehen läßt, sind die Hauptunterschiede gegenüber der europäischen Methode folgende:

1. Verwendung des Hartpechs als Bindemittel,
2. Pressen der Kohlen in geschlossenen Formen und
3. Einbettung in Sand während des Glühprozesses.

Diejenigen Homogenkohlen, welche mir als amerikanische Ware in die Hände kamen, zeigten sich bei der Prüfung als minderwertiges Produkt.

Gegenwärtig werden die Kohlen (bes. auch Dochtkohlen) in gleicher Weise wie in Europa hergestellt.

Zur Herstellung von Elektroden hat man wohl zuerst in Amerika den Anthracit verwendet, welcher in Pennsylvanien in ausgezeichneter Qualität vorkommt. In neuester Zeit ist durch die Herstellung elektrisch geglühter und dadurch mehr oder weniger in Graphit umgewandelter Kohlenelektroden eine wesentliche Verbesserung eingeführt worden. Die Methode der Elektrographitierung ist zwar in Europa mindestens ebenso lange bekannt und technisch in Gebrauch wie in Amerika, jedoch hat man dort zuerst unter Zuhilfenahme der enormen Wasserkräfte des Niagara versucht, mit sehr starken Strömen größere Kohlenkörper zu glühen. Die Elektroden werden in der gewöhnlichen Weise gepreßt und gebrannt, worauf sie in den elektrischen Öfen als Widerstand in den Stromkreis eingeschaltet und durch die ungemein starke Erhitzung in Graphit übergeführt werden. Die elektrischen Öfen, welche dazu verwendet werden, sind ähnlich denen für ungeformte Kohle (siehe S. 44). Die elektrisch graphitierten Elektroden, welche die Acheson-Gesellschaft am Niagara in den Handel bringt, sind von ausgezeichneter Qualität (s. 9. Kapitel, II).

Kohlenbürsten (brushes) sind ebenfalls zuerst in Amerika in Verwendung gekommen. Man benutzt zu ihrer Herstellung Petrolkoks mit oder ohne Graphitzusatz. Meist werden sie galvanisch verkupfert. Bezüglich der übrigen Kohlenkörper sind keine besonderen Verfahren der amerikanischen Industrie bekannt geworden.

Die Kunstkohlenfabrikation hat sich in denjenigen Staaten der Union konzentriert, welche in oder nahe dem großen Kohlen- und Petroleumgebiet liegen, weil dort die Beschaffung wichtiger Rohmaterialien, des Anthracits, Petrolkokses und Teeres leicht ist und natürlich auch die Brennstoffe billig sind. Voran steht Ohio, dann folgen Pennsylvanien, Indiana, New-Yersey, New-York, Illinois. Im Jahre 1900 betrug die Produktion[1]) etwa

172956000	Stück	Lichtkohlen,
5701100	„	Dynamobürsten,
355600	„	Batteriekohlen
12176522	„	anderer Kohlenkörper,

im Gesamtwerte von etwa 1731250 Dollars, wovon $^3/_4$ auf Ohio entfallen (siehe auch Seite 17).

[1]) Electrical World 40, No. 12.

Dritter Abschnitt.

Die Prüfung der Rohmaterialien und Kohlenkörper.

9. Kapitel.

Untersuchungsmethoden.

I. Prüfung der Rohmaterialien.

Rohkohlen. Vor allem andern sind genaue Aschenbestimmungen nötig. Leicht verbrennliche gasreiche Kohlen werden in der gewöhnlichen Weise im Tiegel verascht.[1]) Retortenkohle, Graphit und Anthracit sind auf diese Art schwer zu verbrennen. Dies gilt auch für alle bereits gebrannten Kohlenkörper.

Man verfährt dann am besten so, daß man ein innen glasiertes Porzellanrohr in einen kurzen Verbrennungsofen legt, ein mit der zu analysierenden fein gepulverten Kohle beschicktes Platinschiffchen (von 10—12 cm Länge und mit einem gelochten Ansatz versehen) in das Rohr einführt, langsam anwärmt, bis etwa vorhandenes Gas und Wasser entfernt sind, und sodann zur hellen Rotglut erhitzt; sodann wird in das eine Ende des Porzellanrohres ein Kautschukpfropfen mit Röhrchen gesteckt und durch dieses reiner Sauerstoff in nicht zu raschem Strome geleitet. Für Rohkohlen nimmt man 2—3 g in Arbeit, welche man in möglichst dünner Schicht ausbreitet, von aschenarmen Kohlen 8—9 g. Die Veraschung dauert in dieser Art ausgeführt 1—2 Stunden, der Verbrauch des Sauerstoffes ist ein vollständiger, die Resultate sind bis auf 0,05 % genau. Porzellanschiffchen eignen sich weniger, da sie von der Asche, namentlich wenn sie borsäurehaltig ist (wie bei homogenen Lichtkohlen) stark angegriffen werden. Die Porzellanrohre sind, wenn man sie vor zu rascher Erhitzung und Abkühlung bewahrt, sehr

[1]) Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden I. Bd. S. 224. Berlin 1899.

dauerhaft. Auch im Roseschen Tiegel, namentlich wenn er aus Platin hergestellt ist, läßt sich schwer verbrennliche Kohle im Sauerstoffstrom rasch veraschen.[1])

Die Feuchtigkeitsbestimmung erfolgt bei Schmiedekohle in der gewöhnlichen Art im bedeckten Tiegel, wobei nicht über 110° erhitzt werden darf. Das gleiche gilt für rohen Petrolkoks.

Graphit, Retortenkohle und namentlich bereits gebrannte Kohlen kann man aber bei weit höherer Temperatur trocknen (150 bis 180°).

Die Verkokungszahl bestimmt man in der gewöhnlichen Art. Genauer ist es, dieselbe im Schiffchen in dem oben erwähnten Porzellanrohr auszuführen, wobei das eine Ende des Rohrs verschlossen, das andere mit einem durchbohrten Pfropfen versehen ist, durch welchen ein knieförmiges Glasrohr geht, das in ein Schälchen unter Quecksilber mündet. Die Luft kann durch ein indifferentes Gas verdrängt werden. Verkokung und Aschengehalt werden in einer Probe bestimmt.

Für die Beurteilung des Anthracites und die Kontrolle der nassen Aufbereitung kommt noch die Schwefelbestimmung in Betracht, welche man am besten nach Eschka[2]) ausführt.

Die Bestimmung des Gesamtkohlenstoffes auf dem Wege der Elementaranalyse hat — abgesehen von der Umständlichkeit der Methode — wenig Wert für die Prüfung der Rohmaterialien hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit zur Herstellung von Kohlenkörpern. Für die Anwendung der Schmiedekohle (s. S. 40) kommt die Menge und das Aussehen des Kokses in Betracht, ebenso bei Anthracit, bei sehr gasarmen Kohlen gibt der Aschengehalt genügende Anhaltspunkte. Bei letzteren Kohlen liefert auch die Berthiersche Methode hinreichend angenäherte Werte für den Kohlenstoffgehalt.

Hat man mit Säuren gereinigte Kohlen zu untersuchen, so muß man berücksichtigen, daß feinverteilte Kohle Salz- und Flußsäuregas sehr hartnäckig festhält und durch Trocknen bei 100° erst nach sehr langem Erhitzen abgibt. Besser ist es, wenn man die Substanz im oben erwähnten Porzellanrohr stark erhitzt, dasselbe durch ein Glasrohr mit einer Waschflasche (mit Lauge beschickt) und einer Wasserluftpumpe verbindet.

Die Unterscheidung der Rohkohlen, besonders in Gemischen, läßt sich zur Zeit nicht mit voller Sicherheit bewerkstelligen. Von

[1]) Vergl. Bolleys Handbuch der techn.-chem. Untersuchungen. 6. Aufl. S. 639.

[2]) Zeitschr. f. analyt. Chemie 1878. Siehe auch Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden I. S. 226.

physikalischen Methoden kann die Bestimmung der Härte, des spezifischen Gewichtes, des elektrischen Widerstandes und der spezifischen Wärme herangezogen werden. Doch sind darüber noch wenige Daten bekannt. Bezüglich der chemischen Unterscheidung bietet der Aschengehalt (Menge und Bestandteile der Asche) mitunter Anhaltspunkte (siehe 1. und 2. Kapitel), ferner das Verhalten der Kohlen verschiedenen Oxydationsmitteln gegenüber. Da die verschiedenen Arten des amorphen Kohlenstoffes eine fortlaufende Reihe von Substanzen mit gradweise zu- oder abnehmenden Eigenschaften darstellen, so wären quantitative Reaktionen besonders wünschenswert. Im folgenden stelle ich die wichtigeren qualitativen Prüfungsmethoden (hauptsächlich nach Donath und Margosches[1]) zusammen:

ktion	1 Graphit	2 Anthracit	3 Steinkohle	4 Künstl. Graphit	5 Retortenkohle	6 Koks	7 Petrolkoks	8 Teerkoks	9 Holzkohle	10 Ruß
mit Sal- ure vom Gew. 1,4 nath)	Keine Reaktion	Braunrote Lösung, welche sich mit Ammoniak dunkler färbt und mit Chlorcalcium und Bleizucker braune Niederschläge gibt. Rückstand schwarz	wie 2	Keine Reaktion	Keine Reaktion	Keine Reaktion	Keine Reaktion	Keine Reaktion	wie 2	wie 2
htung mit tersäure pez. Gew. nd starkes en (Luzi)	Aufblähung zu wurmartigen Gebilden. Graphitit reagiert nicht (siehe S. 22).	—	—	wie 1	—	—	—	—	—	—
tzen mit Salpeter- und chlor- em Kali rodie)	Grüne, braune oder gelbe Oxydationsprodukte	—	—	Wahrscheinlich wie 1	Keine Reaktion	—	—	—	—	—
n mit ei- emisch von Salpeter- (1,415 spez. u. Schwe- ure (1,845 . Gew.) nath)	Löst sich ziemlich schwer	Löst sich verhältnismäßig leicht	Wie 2	Löst sich schwerer wie Steinkohle	Löst sich schwer	Löst sich sehr schwer	Wie 6	Wie 6	Löst sich	Löst sich ziemlich leicht
hen mit und ge- tem Per- nganat nath)	Mellithsäure u. dergl., keine Oxalsäure	Wenig Oxalsäure	Reichlich Oxalsäure	Wie 1	Sehr wenig Oxalsäure	Wie 5	Wie 5	—	Wie 5	—

[1]) Chem. Industrie 1902.

Reaktion	1 Graphit	2 Anthracit	3 Steinkohle	4 Künstl. Graphit	5 Retortenkohle	6 Koks	7 Petrolkoks	8 Teerkoks	9 Holzkohle	[illegible]
Erwärmen mit Bromlauge (Donath)	—	—	Teilweise Lösung mit brauner Farbe	—	—	—	—	—	Wie 3	—
Schmelzen mit Natriumsulfat (Donath)	Keine Reaktion	Starke Reduktion zu Natriumsulfid	Wie 2	Keine Reaktion	Wie 2	Wie 2	Wie 2	Wie 2	Wie 2	Wie [illegible]
Glühen mit Kalium, Cyanreaktion	Keine Reaktion	Deutliche Reaktion	Wie 2	—	Reaktion	Wie 5	Keine Reaktion	—	Sehr schwache Reaktion	[illegible]
Verhalten beim Erhitzen für sich: Gase, teerige Substanzen	Keine Reaktion	Geringe Mengen von Destillationsprodukten	Reichliche Mengen von Destillationsprodukten	Keine Reaktion	Wie 4	Wie 4	Wechselnde Mengen von teerigen Substanzen	Wie 7	Wie 4	[illegible]

Teer. Aschenbestimmungen im Teer sind unbequem auszuführen. Man verkokt eine größere gewogene Menge (30—50 g) in einer geräumigen Platinschale, wägt wieder, pulverisiert den erhaltenen Koks und bestimmt in einem aliquoten Teil desselben den Aschengehalt, wie oben angegeben.

Die Bestimmung des freien Kohlenstoffs im Teer und Teerpech (siehe Teerruß) wird nach G. Kraemer[1]) ausgeführt, indem man 10 g Teer mit einem Gemisch von je 25 cm Eisessig und Toluol erhitzt, die Flüssigkeit auf zwei ineinander geschobene und gegeneinander abtarierte Filter bringt und so lange mit kochendem Benzol auswäscht, bis dasselbe ungefärbt abläuft. Nach dem Trocknen nimmt man die beiden Filter, wovon das äußere als Tara dient, auseinander und wägt.

Im Teerpech[2]) bestimmt man den freien Kohlenstoff, indem man dasselbe mehrmals mit Benzol, Schwefelkohlenstoff, Eisessig und Alkohol extrahiert. Man pflegt diese Prozedur im Soxhletschen Extraktionsapparat vorzunehmen, wobei man das Pech im verkleinerten Zustand in einer zylindrischen Düte in den Apparat bringt, doch geht hierbei das ungemein feine Kohlenpulver in geringer Menge durch das Filter, so daß es bei genauen Bestimmungen nötig ist, am Rückflußkühler in gewöhnlicher Weise auszukochen und durch ein gewogenes Filter zu dekantieren.

[1]) Lunge, Steinkohlenteer. 4. Aufl. S. 398.

[2]) Ebenda S. 436.

Das spezifische Gewicht des Teers wird pyknometrisch bestimmt (nach der von Lunge[1]) angegebenen Modifikation). Man nimmt ein gewöhnliches weithalsiges Wägegläschen, in dessen Glasstopfen man einen von oben nach unten gehenden Kerb von etwa 2 mm Breite und Tiefe einfeilt, durch den die Luft entweichen kann. Man bestimmt das Eigengewicht des Gläschens a und dessen Wassergewicht b ein für allemal. Dann trocknet man es, füllt es bis etwa zu zwei Drittel mit Teer, erwärmt im Wasserbad, um die Luftblasen zu entfernen, läßt erkalten und wägt. Das Gewicht sei c. Nun füllt man mit H_2O auf, setzt den Stopfen auf, beseitigt das aus dem Kerb austretende Wasser und wägt wieder (d). Das spezifische Gewicht ist dann $s = \frac{c - a}{b + c - (a + d)}$.

Im Fabriksbetrieb bestimmt man das spez. Gewicht mit dem Aräometer bei 100°.

Das Kaliwasserglas wird abgesehen von seinen Hauptbestandteilen hinsichtlich seines Wasser- und Natrongehaltes geprüft (siehe S. 80), doch kann auch bisweilen die quantitative Bestimmung von Verunreinigungen (Eisenoxyd, Tonerde, Kalk und Magnesia) nötig werden.

Braunstein wird nach den üblichen Methoden analysiert.

II. Prüfung der fertigen Kohlenkörper.

Dieselbe dient zur Kontrolle des Betriebes, kann aber auch dazu dienen, wenigstens annähernd die Zusammensetzung von Kohlenkörpern festzustellen, deren Herstellungsart unbekannt ist. In letzterer Hinsicht kommen folgende Bestimmungen in Betracht:

1. Beschaffenheit des Bruches,
2. Härte,
3. Spezifisches Gewicht und Porosität,
4. Aschengehalt und
5. Elektrisches Leitungsvermögen.

Für die Betriebskontrolle genügt die häufige Bestimmung der beiden letztgenannten Größen.

1. Was die Beschaffenheit des Bruches betrifft, so erfordert die Beurteilung desselben einige Übung. Im allgemeinen ist folgendes zu bemerken: Kohlenkörper, welche vorwiegend aus Ruß bestehen, welcher nicht karbonisiert wurde (siehe S. 105) zeigen

[1]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1894. 450.

einen groß- und flachmuscheligen Bruch, Farbe bläulichgrau bis schwärzlich, Korn nicht bemerklich. Kohlen aus karbonisiertem Ruß oder Retortengraphit sind einander sehr ähnlich im Bruch, kleinmuschelig bis splitterig, hellgrau, mit deutlicher Körnung. Anthracitkohlen sind leicht an ihrem glänzenden, fast graphitisch aussehenden Korn zu erkennen, unterscheiden sich jedoch auffällig durch ihre große Härte von graphitreichen Kohlen. Die Gegenwart von viel Petrolkoks zeigt sich durch grauen körnigen Bruch mit einzelnen helleren, graphitglänzenden Pünktchen. Kohlenkörper, welche viel Teerruß enthalten, sind im Bruche hellgrau, splitterig, ohne Korn.

2. Härte. Die Härte der Kunstkohlen ist nur bei den Schleifkontakten von Wichtigkeit, da dieselbe ungefähr so groß sein soll, wie die des Metalles, aus welchem der Kollektor besteht. Bei den andern Kunstkohlen hat ihre Bestimmung nur dann einen Wert, wenn man einen Schluß auf das verwendete Rohmaterial ziehen will; am härtesten sind aus Anthracit hergestellte Kohlen, namentlich, wenn Backkohle als Zusatz verwendet wird, dann folgen Karbon- und scharfgebrannte Rußkohlen, sodann Petrolkoksfabrikate, am weichsten sind natürlich graphithaltige Kohlenkörper. Für die Haltbarkeit bei der Elektrolyse bildet die Härte kein Kriterium.

Marke	Härte nach Mohs	Marke	Härte nach Mohs
Le Carbone, Dynamobürste E. G. elektrographit. Kohle	über 2	Siemens, Lichtkohle A (Ruß)	über 5
Acheson-Gesellschaft, künstl. Graphitelektrode	unter 2	Hardtmuth, Lichtkohle F (Ruß)	über 5
Le Carbone, Dynamobürste Marke ∞	über 3	Hardtmuth, Lichtkohle Kohinoor (Anthracit)	5–6
Rudolphs, Dynamobürste . .	über 4	Aktiengesellsch. f. Trebertrocknung, Cassel. Elektrode (Anthracit)	5–6
Siemens, Lichtkohle T (Petrolkoks)	circa 4	Lessing, glasharte Kohle . .	6
		Rudolphs, glasharte Kohle .	über 6

3. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes erfolgt pyknometrisch in gewöhnlicher Art: die feinkörnige, aber nicht staubförmige Kohle wird gewogen, das Pyknometer halb mit Wasser gefüllt, dieses bis zum Sieden erwärmt, bis an der Kohle keine Luftblasen mehr haften, dann wird abgekühlt, mit Wasser aufgefüllt und gewogen.

Soll die Porosität bestimmt werden, so wird eine zweite Bestimmung mit gröberen Stücken von etwa 1 cm Durchmesser in folgender Art ausgeführt: man wägt ein Quantum der Kohlenstücke, erhitzt dieselben hierauf bis ca. 200° und taucht sie dann rasch in

kaltes Wasser; sobald sich die Poren mit Wasser gefüllt haben, trocknet man rasch die Stücke oberflächlich mit Filtrierpapier und bringt sie in ein zum Teil mit Wasser gefülltes kubiziertes Gefäß (Bürette); die Differenz der Ablesungen nach und vor de i Eintragen der Kohlenstücke ergibt das Volum derselben.

Die Differenz des so gefundenen wahren spez. Gewichtes a und des nach der 2. Art bestimmten mittleren spez. Gewichtes b in Prozenten des wahren spez. Gewichtes ausgedrückt, also der Wert $\frac{100\,(a-b)}{b}$ ergibt die Porosität (in Prozenten des Gesamtvolums).

Die Volumbestimmung kann auch nach G. Fleury[1]) ausgeführt werden (Fig. 98). Man füllt das Gefäß a mit Wasser bis zum Niveau b, gibt dann die, wie oben angegeben, vorbereiteten Kohlenstücke hinein und wägt das ausfließende Wasser. Quecksilber, wie es Fleury empfiehlt, ist deshalb weniger geeignet, weil man dann nur ein größeres Stück verwenden kann und dies mit Hilfe eines Stäbchens in das Quecksilber hineindrücken muß, wodurch natürlich die Genauigkeit leidet. Zu dieser Bestimmung kann auch eine Gay-Lussacsche Bürette verwendet werden.



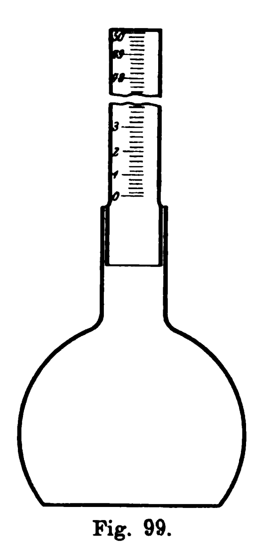
Fig. 98.

W. Thörner[2]) hat zwei Methoden zur Bestimmung der Porosität des Kokses angegeben.

I. Methode. Man stellt durch Feilen und Schleifen zylindrische Körper aus dem Koks oder sonstigem Material her, befestigt sie an einem Kupferdraht und wägt hierauf dieselben in Luft (a), dann in Wasser, solange noch die Poren mit Luft gefüllt sind (b); hierauf werden sie einige Male in Wasser gekocht und mit kaltem Wasser abgekühlt, sodann in Wasser gewogen (c), endlich rasch abgetrocknet und in Luft gewogen (d). Dann ergibt $\frac{a}{b}$ das mittlere spez. Gewicht, $\frac{a}{a-c}$ das wahre spez. Gewicht, weil, wenn v das von der Kohle allein eingenommene Volum, $1-v$ das der Poren bedeutet, $a = vs$ und $c = vs + (1-v)\cdot 1 - 1$ ist; daraus folgt $(1-v)$, das ist das in den Poren enthaltene Wasser, also das Volum der Poren gleich $c - a + 1$ und $a - c$ das vom Kohlenstoff eingenommene

[1]) Chem.-techn. Repertorium 1884.
[2]) Jahrbuch f. chem. Technologie 1884.

Volum; $d - a$ ergibt ebenfalls das Porenvolum. Man erhält also auf diese Weise Kontrollzahlen, was von Vorteil ist, jedoch sind zu jeder Bestimmung 6 Wägungen nötig.


Fig. 99.

II. Methode. Man nimmt zwei gute Durchschnittsproben zu 25—50 g, die eine (No. 1) pulverig, die andere (No. 2) in gröberen Stücken (von etwa 10 mm Korngröße). Man kocht nun Probe No. 2 mit Benzol, Alkohol u. dgl. aus, um die Luft aus den Poren zu verdrängen und kühlt dann ab. Inzwischen wird das Volumenometer, welches 100 ccm faßt und, wie die Fig. 99 zeigt, eine eingeschliffene Röhre von 12 mm l. W. besitzt, welche in $^1/_5$ oder $^1/_{10}$ ccm geteilt ist, bis zur Marke mit Alkohol oder Benzol gefüllt, zugestöpselt und auf die gewünschte Temperatur abgekühlt. Nun füllt man durch einen trocknen Trichter die Probe No. 1 vom Gewichte a_1 ein, schüttelt gut durch, läßt absitzen, spült dann durch vorsichtiges Neigen etwa am Glase haften gebliebene Teilchen ab und bestimmt dann die Volumzunahme im Gefäß (v_1). $\frac{a_1}{v_1}$ ergibt dann das wahre spez. Gewicht. Sodann füllt man nach rascher oberflächlicher Trocknung die Probe 2 (vom Gewichte a_2) ein, mißt wieder die Volumzunahme (v_2). $\frac{a_2}{v_2}$ ergibt das mittlere spez. Gewicht.

Auch C. Reinhardt[1]) verfährt in ähnlicher Weise.

Man wägt ein Stück Kohle (a), kocht es in Alkohol aus, läßt es darin erkalten, bestimmt sein Volum v in einem Meßgefäß, trocknet es oberflächlich und wägt es rasch (b). $\frac{a}{v}$ ist dann das mittlere spez. Gewicht, $\frac{a}{v - (b - a)}$ ist das wahre spez. Gewicht.

F. Dewey[2]) bestimmt die Porosität des Kokses in folgender Art: mehrere 20—40 g schwere Stücke werden gewogen, 12 bis 24 Stunden in Wasser gelegt, dann mehrmals abwechselnd mit siedendem Wasser behandelt und unter der Luftpumpe evakuiert,

[1]) Jahresber. d. chem. Technologie 1884.
[2]) Iron 1883.

hierauf in Wasser, schließlich nach dem Abtropfen in Luft gewogen. Ist a das Gewicht der trockenen Kohle, b das Gewicht in Wasser und c das der mit Wasser vollgesogenen Kohle, so ist die Porosität: $x = \frac{100(c-a)}{c-b}$.

Einfacher gestaltet sich die Bestimmung des mittleren spezifischen Gewichtes, wenn der Kohlenkörper eine einfache geometrische Gestalt hat, deren Volum sich berechnen läßt. Vielfach ist dies bei Kohlenkörpern der Fall.

Schließlich sei bemerkt, daß Sproesser das wahre spezifische Gewicht der Kohlen nach der Methode der schweren Flüssigkeiten (in einem Gemisch von Bromoform und Chloroform) bestimmt.[1])

Marke	Wahres spezifisches Gewicht (a) bei circa 20°	Scheinbares spezifisches Gewicht (b)	Porosität $\frac{100(a-b)}{a}$
Gesägte Retortenkohle	1,89—2,3	1,7—1,9	8—18
Siemens, Lichtkohle A (Ruß)[2]) . . .	1,587	1,457	8,2
" " T (Petrolkoks)[2]) .	1,698	1,460	14,0
Conradty, Lichtkohle (Carbon)[2]) . . .	1,880	1,467	22,0
Fuchs, Lichtkohle (Ruß)[2])	1,556	1,486	5,0
Hardtmuth, Kohinoor (Anthracit)[2]) . .	1,702	1,472	13,5
Le Carbone, Lichtkohle (Ruß)[2]) . . .	1,586	1,480	6,7
Rudolphs, Elektrode[2])	1,810	1,611	11,0
" glasharte Elektrode[2]) . . .	1,780	1,700	4,5
Lessing, glasharte Elektrode[3])	1,980	1,53	22,5
" weiche Elektrode[3])	2,03	1,47	27,8
Conradty, Elektrode Marke Krone[3]) .	1,94	1,53	21,1
Le Carbone, Marke E. G.[2])	1,979	1,809	8,6
" künstl. Graphit[3])	1,71—1,93	1,47	23,2
Elektrisch graphitierte Kohle[4]) . . .	—	1,4947	8,77
Schiff & Co., Marke G. S. T.	—	1,41	11,0
" Marke G.	—	1,515	17
" Bürste S. C.	—	1,408	12,3

Mikroskopische Prüfung. Dieselbe ist von Sproesser[5]) und Härdén[6]) zur Untersuchung von Elektroden herangezogen worden. Ersterer hat Dünnschliffe untersucht, letzterer hat die Kohlen erst längere Zeit der Einwirkung des elektrischen Stromes in Kochsalzlösung ausgesetzt und hierauf bei mäßiger Vergrößerung

[1]) Zeitschr. f. Elektrochemie. 1901. S. 973.
[2]) Zellner, Zeitschr. f. Elektrochemie 1899. No. 40.
[3]) Sproesser, ebenda 1901. No. 71.
[4]) Härdén, l. c. S. 324.
[5]) Sproesser, l. c. No. 71.
[6]) Härdén, Elektrotechn. Zeitschrift 1901, S. 584.

photographiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind folgende: die Porosität allein ist kein Maß für die Haltbarkeit, worauf ich schon früher[1]) hingewiesen habe, sondern es kommt auf die Gestalt und Lage der Poren an. Je mehr die Poren zu nach außen führenden Kanälen vereinigt sind, um so besser kann der Elektrolyt in die Kohle eindringen und dieselbe korrodieren. Retortenkohle zeigt zwar viele, aber abgeschlossene Hohlräume, während Kunstkohlen ein mehr oder weniger verzweigtes Netz von feinen Kanälen besitzen (Sproesser). Das ist auch ganz erklärlich; die Retortenkohle wird durch langsame Ablagerung von Kohlenstoffteilchen (also ohne Bindemittel) gebildet, während die Kunstkohlen mit Teer als Bindesubstanz und durch Druck hergestellt werden müssen. Die Verkokung des Teers beim Glühen ergibt notwendigerweise Hohlräume, welche an der Oberfläche ausmünden, und, wenn die Kohle in Strangform gepreßt wurde, was die Regel ist, vorzugsweise in der Richtung der Längsachse verlaufen. Bei dem gegenwärtig üblichen Preßverfahren wird also eine gewisse Porosität der Kohle unvermeidlich sein. Es handelt sich nur darum, dieselbe auf ein Minimum herabzusetzen. Nach Härdéns Untersuchungen vermindert die Graphitierung auf elektrischem Wege zwar die Porosität nicht unerheblich, auch wird das Bindemittel graphitisch und dadurch der Unterschied in der chemischen Beschaffenheit zwischen Korn und Grundsubstanz nahezu beseitigt, trotzdem empfiehlt es sich aber nicht, stark poröse Kohlen dem Glühen im elektrischen Ofen zu unterwerfen, da die Kosten des Verfahrens der erzielten Verbesserung nicht entsprechen. Besonders ungünstige Verhältnisse zeigen Elektroden, welche aus recht grobkörnigem Material hergestellt wurden. Das Bindemittel, wenn auch graphitiert, wird früher ausgelöst als das Hauptmaterial, die groben Körner bleiben stehen und fallen schließlich im ganzen zu Boden. Dadurch werden aber Hohlräume geschaffen, welche die weitere Korrosion der Kohle befördern. Am geringsten wird die Porosität, wenn man möglichst wenig Bindematerial verwendet, bei möglichst hohem Drucke preßt und die vorsichtig gebrannte Kohle elektrisch graphitiert. Nach dem übereinstimmenden Urteil Försters[2]) und und Härdéns (s. o.) sind die von der Acheson-Gesellschaft (Niagara-Falls) erzeugten Graphitelektroden die besten bisher in den Handel gekommenen.

4. Asche. Der Aschengehalt fertiger Kohlenkörper wird so bestimmt, wie bei den Rohmaterialien angegeben wurde. Aussehen,

[1]) Zeitschr. f. Elektrochem. 1899. No. 40.
[2]) Zeitschr. f. angew. Chemie. 1901. 647.

Menge und Analyse der Asche geben oft Anhaltspunkte bezüglich des verwendeten Rohmateriales. Stets ist in der Asche in merklicher Menge Eisen vorhanden, welches hauptsächlich von der Bearbeitung der Kohle beim Mahl- und Preßprozeß herrührt. Ruß- und Petrolkoksfabrikate zeigen einen Aschengehalt unter $0{,}3\,^0/_0$, falls nicht absichtlich andere Substanzen (Borsäure, Wasserglas u. dgl.) zugesetzt wurden. Kohlen aus Retortengraphit zeigen in der Regel nicht über $1\,^0/_0$ Asche, welche hauptsächlich aus Schamotte besteht. Gute Anthracitelektroden haben 2—$4\,^0/_0$ Asche; aus Koks hergestellte Elektroden (für Karbidfabrikation u. dgl.) noch mehr. Man kann sagen, daß gute Lichtkohlen nicht über $0{,}5\,^0/_0$, Elektroden für wässerige Elektrolyse nicht über $4\,^0/_0$ Asche enthalten sollen. Schleifbürsten, Mikrophonkohlen etc. können unter Umständen einen höheren Aschengehalt aufweisen. Ist der Aschengehalt der Kunstkohle beträchtlich, so ist es gut, die Asche qualitativ auf etwa zugesetzte Salze u. dgl. zu prüfen. Bei Homogenkohlen und Schleifkontakten, welche erhebliche Mengen Borsäure enthalten, empfiehlt sich die Extraktaschenmethode.

Im folgenden sei eine Tabelle über die Aschengehalte einiger Kunstkohlen angeführt:

Marke	Asche in Prozenten	Bestandteile der Asche	Autor	
Siemens A, Dochtkohle (Ruß), Docht ausgebohrt	0,21	Eisen, Silicium, Kalium	1895	Zellner
Siemens A, Homogenkohle	0,47	Borsäure, Eisen	1895	Zellner
Hardtmuth, F, Dochtkohle (Ruß) entdochtet	0,33	—	1895	Zellner
Hardtmuth, F, Homogenkohle	0,36	Borsäure, Eisen	1895	Zellner
Conradty, Kronenkohle (Ruß)	0,21	—	1895	Zellner
Conradty, Elektrakohle für Wechselstrom	0,64	—	1895	Zellner
Schmelzer, Wechselstromkohle	0,34	Eisen, Silicium, Kalium	1895	Zellner
Lessings glasharte Kohle (Elektrode)	1,1	Eisen, Aluminium, Silicium	1901	Sprosser
Lessing, große Elektrode aus weichem Material	4,20	—	1901	Sprosser
Rudolphs, Anthracitelektrode	2,52	Eisen, Spur Kalk, Aluminium, Silicium	1898	Zellner
Rudolphs, glasharte Kohle	2,00	Desgl.	1898	Zellner
Le Carbone, Dynamobürste Marke ∞	11,9	viel Borsäure	1898	Zellner
Le Carbone, Dynamobürste E. G.	1,21	Aluminium, Kieselsäure	1898	Zellner
Le Carbone, elektrisch graphitierte Elektrode	3,0	—	1901	Sprosser
Acheson-Gesellschaft, künstl. Graphit	0,8	—	1901	Sprosser

5. Leitungsvermögen. Ist w der beobachtete Widerstand einer Kohle, l die Länge derselben in Metern, q der Querschnitt in Quadratmillimetern, so ergibt sich der spezifische Widerstand

$$s = \frac{wq}{l}.$$

Hierbei ist zu berücksichtigten, daß man den Widerstand bei gewöhnlicher Temperatur mißt, was für Dynamobürsten, Mikrophonkohlen und Elektroden für Elektrolyse wässeriger Lösungen zutreffend ist, nicht aber für Elektroden, welche zur Elektrolyse von Schmelzflüssen, Karbidfabrikation u. s. w. benützt werden sollen, und ebensowenig für Lichtkohlen, welche während des Gebrauches ebenfalls beträchtlich erwärmt werden. Der Widerstand der Kohlenkörper nimmt mit der Temperatur ab. Der Temperaturkoeffizient zwischen 0 und 30° C. beträgt etwa — 0,0003 bis — 0,0008.[1])

Gewöhnlich führt man die Messungen mit einem Universalgalvanometer von Siemens & Halske aus. Die Einrichtung dieses Apparates ist so bekannt, daß von einer Beschreibung desselben hier abgesehen werden kann. Als Stromquelle benützt man am besten eine kleine Akkumulatorzelle, in Ermangelung einer solchen ein Trockenelement. Die zu prüfenden Stücke sollen nicht zu kurz sein, weil sonst die Widerstände sehr klein sind und die Übergangswiderstände zu sehr ins Gewicht fallen.

Für längere und nicht zu dicke Kohlenstäbe (besonders Lichtkohlen) haben Hartmann und Braun eigene Apparate konstruiert, welche eine spezielle Ausführung der Wheatstoneschen Brücke darstellen.

Auf die ältere Konstruktion sei hier bloß verwiesen,[2]) die neuere ist in Figur 100 dargestellt.[3]) Das zu prüfende Stück h wird zwischen die beiden Klemmen $k\,k'$ eingeschaltet, von welchen die eine k beweglich ist. An die Klemmen b (in der Figur ist nur die obere sichtbar) wird eine Stromquelle angeschlossen, welche einige Ampère liefern kann, am besten Akkumulatoren, während bei $a\,a$ die Zuleitungsdrähte zu einem empfindlichen Galvanometer befestigt werden. Geeignet sind z. B. die transportablen aperiodischen Fernrohr-Galvanometer mit Spiegelablesung,

[1]) Siehe auch Muraoka, Ann. d. Physik. 1881. S. 307 u. Dingl. polyt. Journ. 240, 403.

[2]) Centralblatt f. Elektrotechnik. X. 1888. S. 606. Siehe auch Urbanitzky, Das elektr. Licht. 1890. S. 264.

[3]) Hartmann & Braun, Preiskurant 1894, No. 508.

Astasierung durch Richtmagnet und verschiebbaren Multiplikatorrollen.[1]) Man zieht nun zwei Stöpsel *e* des Verzweigungsrheostaten (z. B. 10 : 100) je nach Bedarf, bringt den Schieber *s* nahe an *k* und verschiebt nun den Schieber *s'* so lange, bis beim Öffnen des Schlüssels *c* seine Einstellung nicht mehr ändert. Sodann bringt man *s* nahe an *k'* und verschiebt *s'* wieder bis zum Verschwinden des Galvanometerausschlages. Die Widerstandsgröße des durch die beiden Stellungen von *s* begrenzten Kohlenstückes ist dann einfach gleich dem Verhältnis der beiden gezogenen Verzweigungswiderstände *e* multipliziert mit dem durch die beiden Stellungen von *s'* eingeschlossenen Teilwiderstand des

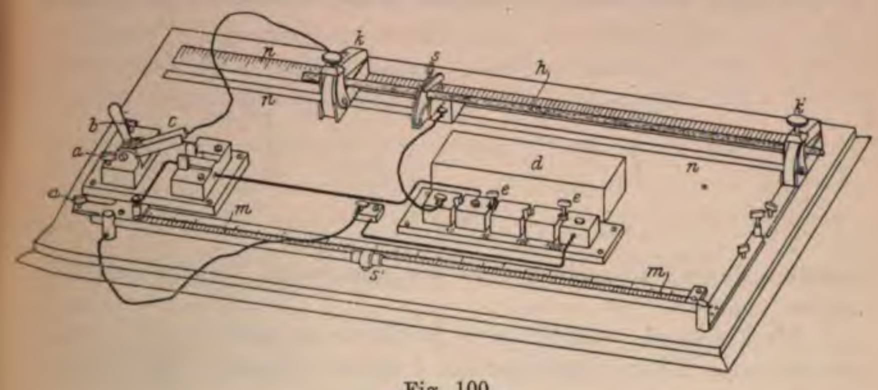


Fig. 100.

Meßdrahtes *m*, der sich direkt durch Subtraktion der beiden hier abgelesenen Widerstände ergibt. Der Abstand der beiden Stellungen des Schiebers *s*, welcher in der Nute *n* gleitet, wird mit Hilfe der zweiten Skale *p* bestimmt.[2]) Die zulässige Stromstärke richtet sich nach dem Querschnitt des zu prüfenden Materials. Der Apparat verträgt bei kurzer Einschaltung im Maximum 5 Ampère. Das Meßbereich liegt zwischen 0,00001 und 7 Ohm.

Kohlen von sehr großem Querschnitt oder sehr kleinen Längendimensionen lassen sich mit dem angegebenen Apparat nicht prüfen. Zu den ersteren gehören Elektroden, zu den letzteren Dynamobürsten. Aus großen Kohlenkörpern muß man passende

[1]) Hartmann & Braun, Preiskurant 1894. No. 367 a.

[2]) Diese Art der Messung des Widerstandes ist darin begründet, daß man durch eine doppelte Ablesung die Fehler, welche durch die Übergangswiderstände bedingt werden, eliminiert (Prinzip der Thomsonschen Doppelbrücke). S. diesbez. Kittler, Lehrb. d. Elektrotechnik, 1. Bd. u. L. Grunmach, Lehrb. d. magnet. u. elektr. Maßeinheiten, Meßmethoden u. Meßapparate. 1895.

Stücke durch Sägen und Schleifen herstellen, was aber eine sehr mühsame Arbeit ist. Für die Kontrolle der Fabrikation ist es daher ratsam, von vornherein aus der gleichen Kohlenmischung Stücke von passenden Dimensionen zu pressen und gleichzeitig zu glühen und hierauf diese Stücke auf ihren Widerstand zu prüfen. Allerdings ist zu bemerken, daß bei sehr dicken Elektroden, bei welchen die Hitze sich nur langsam ins Innere fortpflanzt, merkliche Widerstandsdifferenzen zwischen den im Inneren weniger hoch und andauernd geglühten Elektroden und den verhältnismäßig dünnen und gleichmäßig gebrannten Kohlenproben sich ergeben können. Es empfiehlt sich daher, um auch den Widerstand größerer Kohlenkörper bestimmen zu können, große Metallklemmen zu ver-

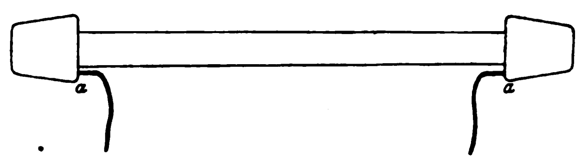


Fig. 101.

wenden, deren Dimensionen man den gangbaren Formen der Elektroden anpaßt.

Ein Umstand, welcher leicht Fehler veranlassen kann, ist der schwankende Übergangswiderstand zwischen Kontakt und Kohlenkörper, welcher von dem angewendeten Druck der Klemmschrauben — namentlich bei porösen Kohlen — abhängig ist. Man benützt deshalb entweder — wenigstens für das eine Kohlenende — Quecksilberkontakte oder man verkupfert die Kohle an beiden Enden, was umständlich und wegen Verunreinigung der Kohle nicht empfehlenswert ist oder man umwickelt beide Kohlenenden fest mit einem Streifen Zinnfolie, bevor man die Klemmen anschraubt oder man umgießt die beiden Kohlenenden mit einer leichtflüssigen Legierung (Rosesches oder Woodsches Metall), welche beim Erkalten die Kohle fest umschließt. Das letztere Verfahren empfiehlt Härdén als das genaueste. Man schmilzt in einem steilen Tiegel die Legierung, taucht die Kohle und einen Kupferdraht ein und läßt erkalten. Die adjustierte Kohle sieht wie in Fig. 101 dargestellt aus. Für die Widerstandsmessung kommt natürlich nur die Länge *aa* in Betracht.

Die Widerstandsbestimmung ist zur Kontrolle des Betriebes sehr geeignet. Aus jedem Ofen (Kammer) sollen nach dem Brande mehrere Stücke jeder Kohlensorte auf ihren Widerstand geprüft

werden. Es ist nötig, mehrere Stücke derselben Art zu prüfen, da auch bei richtiger Fabrikation nicht unerhebliche Schwankungen vorkommen und nur ein Mittelwert zur Beurteilung der Kohlen tauglich ist. Bedeutendere Abweichungen vom Mittelwert deuten auf Ungleichheiten des Materials oder auf ungenügende Erhitzung. Zu hoher Widerstand ist bei allen Kohlenkörpern schlecht, da bei ihrer Verwendung Stromverluste unvermeidlich sind. Kohlen für Bogenlampen können ihrer ganzen Länge nach glühend werden und den Regulator gefährden; Kohlen für Elektrolyse erhitzen, wenn ihr Widerstand zu hoch ist, die Elektrolyten; Dynamobürsten und Mikrophonkohlen von zu hohem Widerstand sind geradezu unbrauchbar.

Erwähnt sei noch, daß durch Druck der Widerstand der Kohle herabgesetzt wird, worauf Edison eine der ersten Mikrophonkonstruktionen gründete (Journal of the Telegraph 1878, 114).

Marke	Spezifischer Widerstand in Ohm bei circa 20°
1. Ceylongraphit, gesägt	2—8
2. Retortenkohle, gesägt	50—80
3. Anthracitelektrode (8) graphitiert n. Härdén[1])	27,75
4. Graphitelektrode der Achesongesellschaft[1])	12
5. Graphithaltige Elektrode (Rudolphs) . .	40
6. glasharte Elektrode (Rudolphs)	73
7. Elektrode der Soc. Le Carbone	40
8. Anthracitelektrode n. Härdén[1])	70
9. Anthracitelektrode v. Hardtmuth	96
10. Elektrode aus Holzkohle	150
11. Dynamobürste ∞ von Le Carbone	20—30
12. Dynamobürste von Rudolphs	38
13. Lichtkohle A, Siemens	70
14. Lichtkohle T, Siemens	55
15. Lichtkohle der Soc. Le Carbone	58
16. Lichtkohle F, Hardtmuth	70—80
17. C. Conradty, Lichtkohle	68
18. Schiff & Co., NH . .	62
19. Schiff & Co., K . . .	45,2

Anhangsweise sei erwähnt, daß Sproesser[2]) auch die Verbrennungswärme einiger Kunstkohlen bestimmt hat. Die Absicht war, einen etwaigen Gehalt an chlorierbaren Kohlenwasserstoffen durch die Verbrennungswärme nachzuweisen. Die sich ergebenden Werte stehen aber einander meist so nahe, daß eine Unterscheidung der Kohlen auf diesem Wege nicht durchführbar erscheint.

[1]) Elektrotechn. Zeitschr. 1901. 584.
[2]) Zeitschr. f. Elektrochemie 1901. No. 71.

Grauer, dichter Retortengraphit	Glänzender, poröser Retortengraphit	Schlechte Elektrode unbekannter Herkunft	Conradty, Kronenkohle (Elektrode)	Reiner Kohlenstoff
7603 Kalorien	7622 Kalorien	7008 Kalorien	7706 Kalorien	8080 Kalorien

Aschen- und Glühverlustbestimmung (s. o.) geben übrigens, wie erwähnt, genügende Anhaltspunkte zur Beurteilung des Gehaltes an organischen Verbindungen. In besonderen Fällen würde die Elementaranalyse der Bestimmung der Verbrennungswärme vorzuziehen sein.

Spezielle Prüfung. Außer bezüglich der erwähnten Eigenschaften sollen die Kohlenkörper auch bezüglich ihrer speziellen Verwendbarkeit geprüft werden. Denn nur dann läßt sich ein sicherer Schluß auf ihre Qualität ziehen.

1. Prüfung der Lichtkohlen.[1]

Dieselbe erstreckt sich, abgesehen von der Widerstandsbestimmung, auf folgende Punkte:

1. Ruhiges Anbrennen und gleichmäßiges Fortglühen ohne Wechsel der Lichtintensität, ohne Zischen und Kreiseln des Lichtbogens und ohne größeren Aschenabfall;
2. Möglichst lange Brenndauer;
3. Geringer Stromverbrauch bei gegebener Lichtstärke.

1. Was den ersten Punkt betrifft, so gibt die Aschenbestimmung und die qualitative Prüfung der Asche bereits ziemlich sichere Anhaltspunkte. Ist der Aschengehalt 0,2 — 0,3 %, so kann man auf ein ruhiges Brennen der Kohlen rechnen, besonders dann, wenn wenig Eisen in der Asche enthalten ist.

Ferner läßt auch die Beschaffenheit des Dochtes einen Schluß auf das Verhalten beim Brennen zu. Ist der Docht ungleichmäßig, so können Stücke desselben während des Brennens herausfallen, wodurch ein Flackern, Kreiseln und Zischen des Lichtbogens hervorgerufen werden kann. In ähnlicher Weise beeinflussen Hohlräume, welche in der Dochtmasse vorkommen, die Ruhe des Lichtes.

Die Bogenlampen, in welchen die Prüfung der Kohlen vorgenommen werden soll, müssen tadellos funktionieren und sollen womöglich durch eine eigene Dynamomaschine mit Strom versorgt werden. Dynamomaschine und Motor sollen gleichzeitig keinen anderen Zwecken im Fabrikbetriebe dienen, da die unvermeidlichen

[1] J. Härdén, Elektrotechn. Zeitschr. 1901. 325.

Stromschwankungen, welche beim Ein- und Ausschalten anderer Lampen oder Maschinen sich ergeben, naturgemäß die Ruhe des Lichtes beeinflussen.

Namentlich ist dies zu berücksichtigen, wenn man registrierende Meßapparate (Volt- und Ampèremeter) einschalten will, um genau die Beschaffenheit der Kohle zu prüfen. Die Bogenlampen werden zweckmäßig in ein abgeschlossenes Gestell mit dunklen Glasfenstern eingesetzt. Auf der einen Seite dieses Gestelles sind Linsen eingesetzt, welche das Bild des Lichtbogens auf einen weißen Schirm projizieren. Die Linsen sind mit passenden Blenden versehen. Bei guten Lichtkohlen erscheinen die beiden Spitzen der Kohlen wie in Fig. 102 c angedeutet ist. Daneben ist in Fig. 102 b das Aussehen aschenreicher Kohlen dargestellt. Hat man einen registrierenden Apparat (z. B. ein Ampèremeter von Richard oder dgl.) eingeschaltet, so muß die aufgezeichnete Kurve einen ganz flachwelligen Verlauf zeigen, während bei schlechten Kohlen eine zickzackförmige Linie sich ergibt. Die Asche wird in Schalen oder auf Blechen aufgefangen und gewogen.



Fig. 102.

2. Die Brenndauer und der stündliche Abbrand werden in der Weise festgestellt, daß man die Kohlen vor dem Versuche mißt und hierauf eine bestimmte Zeit brennen läßt, worauf man wieder ihre Länge bestimmt. Auf die Brenndauer hat das Material, aus dem die Kohle hergestellt ist, großen Einfluß. Rußkohlen brennen am raschesten ab, dann kommen solche aus Petrolkoks, am längsten dauern solche aus Retortenkohle. Ferner ist von größtem Einfluß das Verhältnis zwischen der angewendeten Stromstärke und dem Durchmesser der Kohlen. Sind die Kohlen zu dünn, so werden sie noch eine weite Strecke vom Lichtbogen entfernt glühend und werden daher rasch aufgezehrt, sind sie zu dick, so wird der Abbrand unregelmäßig, und bei Gleichstrom brennt in die obere Kohle ein Loch hinein, in welches die Homogenkohle hineinragt, wodurch natürlich der Lichteffekt bedeutend herabgesetzt wird. Gegenwärtig pflegt man folgende Verhältnisse anzuwenden:

Gleichstrom

Stromstärke in Ampère . . .	2	3	4	5	6	8	9	10	12	15	16	20	30	35
Dicke der positiven Dochtkohle in mm	9	11	13	15	16	18	18	20	20	20	20—24	22	24	25
Dicke der negativen Homogenkohle in mm	6	6—7	7—8	9	9	11	11	12	12—13	12—13	13—16	13—16	17	18

Wechselstrom

Stromstärke in Ampère . . .	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
Dicke der Kohlen in mm . .	9	10	11	12	14—16	14- 16	16	18	18	20

3. Handelt es sich um die Bestimmung der Lichtstärke, muß man ein Bunsensches Photometer verwenden, welches a besten in einem eigenen dunklen Raume aufgestellt wird. Um ei allzulange Photometerbank zu vermeiden, verwendet man ei stärkere Vergleichs-Lichtquelle, z. B. eine 100kerzige Glühlam welche von Zeit zu Zeit mit der Hefnerlampe nachgeaicht wi Da die Lichtausstrahlung einer Bogenlampe in den verschieden Richtungen sehr verschieden ist, so muß man mindestens 20— Messungen in den verschiedenen Richtungen anstellen. Aus d gewonnenen Zahlen konstruiert man die charakteristische Belichtun kurve, welche bei Gleichstromlampen ihre größte Ausdehnung l ca. 45° Neigung zur Horizontalen hat, oder man rechnet den Mitt wert der Messungen aus.

	Firma und Marke	Dimensionen der Dochtkohle	Dimensionen der Homogenkohle	Volt	Ampère	Brenndauer	Asche in Grammen	Rest der Dochtkohle	Rest der Homogenkohle	Stü… Ab… i… Docht-…
Gleichstrom	Siemens, Marke A (Rußkohle) . .	200 mm lang 18 mm Dm.	200 mm lang 11 mm Dm.	55	8—9	9h 45′	0,270	7	4,5	1,[illegible]
	Siemens, T (Petrolkoks) . .	200 mm lang 18 mm Dm.	200 mm lang 11 mm Dm.	55	8—9	10h 45′	0,215	6,5	5,9	1,[illegible]
	Conradty (Carbonkohle) . .	200 mm lang 18 mm Dm.	200 mm lang 11 mm Dm.	55	8—9	6h	0,55	3,2	13,1	1,[illegible]
	Hardtmuth, F (Rußkohle) . .	200 mm lang 18 mm Dm.	200 mm lang 11,5 mm Dm.	55	8—9	6h	0,25	2,3	10,0	1,[illegible]
Wechselstrom	Fuchs-Nürnberg	250 mm lang 12 mm Dm.	—	30	16	6h 25′	1,65	obere 5,6	untere 3,7	li[illegible]
	Schmelzer-Nürnberg	„	—	30	16	7h 30′	1,32	8,0	4,5	
	Joos-Stuttgart .	„	—	30	16	7h 20′	1,06	5,6	5,0	

Vorstehend gebe ich die Prüfungsresultate einiger Lichtkohlen von bekannten Firmen.

Für Leuchttürme, bei welchen die Lampen mit ungewöhnlich starken Strömen gespeist werden, hat die Société Le Carbone besondere Kohlen mit sternförmigem Querschnitt in Anwendung gebracht. Der Durchmesser beträgt bei 240 Ampère 50 mm, bei 470 Ampère 60 mm.

Bei richtigem Verhältnis von Stromstärke und Kohlendurchmesser soll der stündliche Abbrand nicht mehr als 1,2—1,7 cm betragen, wobei die untere Zahl für Carbonkohlen, die obere für Rußkohlen gilt. Dem Gewichte nach ergibt sich ein Verlust von etwa 0,3—0,5 g pro Ampèrestunde, bei den negativen Homogenkohlen noch etwas weniger.

Die Kohlen, welche für Lampen mit eingeschlossenem Lichtbogen bestimmt sind,[1]) werden meist in kleineren Dimensionen hergestellt (10—12 mm) Durchmesser, und zwar deshalb, weil die angewendete Stromstärke eine kleinere als bei den gewöhnlichen Bogenlampen ist (wogegen die Spannung höher ist, 80—85 Volt, bei 5—6 Ampère), und weil das Kreiseln des Lichtbogens weniger störend wirkt, wenn die Peripherie des Kohlenquerschnittes kleiner ist. Kreiseln tritt immer auf, da man nur Homogenkohlen verwendet. Bei dickeren Kohlen kommt auch der Umstand in Betracht, daß durch die untere Kohle, weil sie nicht, wie gewöhnlich, konisch, sondern mit einem nahezu ebenen Ende abbrennt, ein größerer Schattenkegel gebildet wird als sonst. Dieses flache Abbrennen hat seinen Grund darin, daß der Lichtbogen nicht stationär ist und in der Mitte der Kohlenspitzen sich bildet, sondern nach und nach alle Teile derselben bestreicht. An der negativen Kohle setzt sich ein Wulst („Pilz“) von graphitischem Kohlenstoff an, wenn die Spannung nicht genügend hoch und der Luftzutritt zu beschränkt ist. (Siehe Fig. 102a.) Auch tritt eine Erscheinung auf, welche von den Glühlampen her bekannt ist, nämlich spurenweise Verdampfung von Kohlenstoff, welcher als brauner Überzug auf der Glasbirne sich absetzt und die ausgestrahlte Lichtmenge beeinträchtigt. Ziemlich allgemein wird den Kohlenmischungen für Dauerbrandlampen Ätzkali (oder ein Kalisalz) zugesetzt, um den Mangel des Dochtes zu kompensieren. Dieser Zusatz muß sich ebenfalls bald durch Trübung der Glasbirne unangenehm bemerklich machen.

---

[1]) Elektrotechn. Echo 1897. No. 17.

2. Prüfung der Elektroden.

Über diesen Gegenstand existiert eine ziemlich reichhaltige Literatur, namentlich bezüglich der Elektrolyse der Chloralkalien. Es soll daher zunächst das Verhalten der Kohlen in Lösungen besprochen werden.

A. Daß die Kohlen in Lösungen, durch welche ein Strom geht, namentlich als Anoden Reaktionen zeigen, infolge deren sie mehr oder weniger rasch der Zerstörung anheimfallen, haben schon Berthelot und Tommasi beobachtet. Die Produkte, die sich dabei bilden, hängen von der Beschaffenheit der Kohle wie auch von der des Elektrolyten ab. Ein Teil dieser Produkte entweicht gasförmig, ein anderer geht in Lösung, ein dritter scheidet sich in unlöslicher Form ab. Am schnellsten tritt der Zerfall der Elektroden dann ein, wenn an der Anode Sauerstoff entwickelt wird, während z. B. Chlor verhältnismäßig wenig angreift. In alkalischen Elektrolyten ist der Angriff des Sauerstoffs weit schwächer wie in sauren, auch geht im ersteren Falle viel mehr Substanz in Lösung, während verhältnismäßig wenig feste Körper sich abscheiden. Unter diesen letzteren befinden sich in erheblicher Menge Kohlepartikeln, welche mechanisch losgelöst werden. Da die künstliche Kohle aus pulverigen Substanzen und einem Bindemittel hergestellt ist, welch letzteres durch die gebräuchlichen Glühtemperaturen nicht vollständig zersetzt, d. h. von Wasserstoff- und anderen Verbindungen des Kohlenstoffes nicht vollständig befreit werden kann, letztere aber weit leichter angegriffen werden als der Kohlenstoff selbst, so ist die natürliche Folge eine raschere Zerstörung des verkokten Bindemittels und Abbröckeln der widerstandsfähigeren Kohlenpartikeln. Außerdem finden sich in dem während der Elektrolyse gebildeten schwarzen Schlamm humusartige Körper, welche in Alkali großenteils löslich sind und daher nur in saurer Lösung sich abscheiden. Nach Bartoli und Papasogli[1]) befindet sich darunter ein schwarzer, glänzender Körper, Mellogen genannt, welchem die Formel $C_{11}H_2O_4$ zukommen soll, welcher in alkalischen Flüssigkeiten und konzentrierter Schwefelsäure löslich ist, auf vegetabilischen Fasern festhaftet, das spez. Gewicht 1,7 besitzt und schon bei gewöhnlicher Temperatur sich zu Mellithsäure ($C_{12}H_6O_{12}$) und deren Derivaten oxydiert. Derselbe tritt bei Anwendung von Retortenkohle auf,

[1]) Berl. Ber. 1881, 2241; 1882, 249; 1883, 1210 u. 2276, Ref. Berl. Ber. 1884, Ref. 572. Siehe auch Peters, angew. Elektrochemie. II. 1. u. III. und Vogel, Zeitschr. f. angew. Chemie. 1897. S. 18.

während Graphitelektroden statt seiner Graphitsäure $C_{11}H_4O_5$ liefern. In Lösungen von Alkalihydroxyden bildet sich weniger Mellogen als in verdünnten Säuren. Mellogen dürfte kaum ein einheitlicher Körper sein. Bartoli und Papasogli haben ihn aus Holzkohle und Retortenkohle bei Anwendung verschiedener Elektrolyten (Alkalien, Säuren, ameisen-, essig-, oxalsauren Alkalien und Cyankalium) erhalten, während bei Anwendung von Graphitelektroden in allen diesen Elektrolyten Graphitsäure gebildet wurde, woraus folgt, daß beide Körper direkte Oxydationsprodukte der Kohle sind, bei deren Bildung die Natur des Elektrolyten keine Rolle spielt.

Von den in Lösung gehenden Oxydationsprodukten der Kohle sind einige von den beiden erwähnten Forschern isoliert und identifiziert worden. In alkalischer Lösung wurden Benzolcarbonsäuren: Mellithsäure $C_{12}H_6O_{12}$, Pyromellithsäure $C_{10}H_6O_8$, Hydromellithsäure $C_{12}H_{12}O_{12}$ und eine Säure der Formel $C_{10}H_{10}O_8$ (Hydropyromellithsäure) gefunden, und zwar verhielt sich in dieser Hinsicht Graphit ebenso wie amorphe Kohle. In organischen Elektrolyten komplizieren sich die Erscheinungen, da sich den Oxydationsprodukten der Kohle noch die Reaktionsprodukte der organischen Körper hinzugesellen. Auch manche Mineralsäuren und deren Salze verhalten sich ähnlich. So entstehen aus Fluorwasserstoffsäure Fluorderivate des Mellogens resp. der Graphitsäure, und ähnliche Erscheinungen zeigt die Phosphorsäure und antimonsaures Kali,[1]) bei welchen der schwarze Niederschlag Phosphor resp. Antimon enthält (Phosphomellogen und Stibiomellogen, Phospho- und Stibiographitsäure).

In ammoniakalischen Elektrolyten soll sich nach Millot[2]) eine stickstoffhaltige Substanz bilden, was Bartoli und Papasogli jedoch bestreiten.[3]) Diese Substanz ist in heißem Wasser löslich, nach dem Trocknen bei 150° unlöslich, liefert beim Kochen mit Lauge kein Ammoniak und zeigt folgende Zusammensetzung: C = 54,75, H = 4,00, N = 12,40, O = 28,25 %.

Das Verhältnis zwischen dem in Lösung befindlichen und dem ungelöst abgeschiedenen Anteil von organischen Substanzen hängt von der Natur des Elektrolyten ab. In Säuren und konzentrierten Salzlösungen ist die Löslichkeit solcher kolloidaler Körper, wie es das Mellogen ist, gering, während reines Wasser und namentlich alkalische Flüssigkeiten lösend wirken.

---

[1]) Chem. Centralblatt. 1889. 1. S. 178.
[2]) Compt. rend. 1880, 611. 1885, 432. Berl. Ber. 1880. 1032.
[3]) Nuovo cimento 1882. 141.

Unter den gasförmigen Reaktionsprodukten der Kohle, welche meist einen erheblichen Teil des Gewichtsverlustes derselben während der Elektrolyse bilden, ist das wichtigste das Kohlendioxyd, welches in Alkalichloridlösungen mehr als die Hälfte der Oxydationsprodukte bildet, aber auch in Schwefelsäure- und Alkalilösungen reichlich auftritt. Kohlenoxyd entwickelt sich nur unter bestimmten Verhältnissen in merklicher Menge.[1]) Selten werden in geringer Menge Kohlenwasserstoffe beobachtet. Die Bildung chlorhaltiger Gase[2]) ist immer sehr unbedeutend, da die reine Kohle nicht, sondern nur etwa vorhandene Kohlenwasserstoffverbindungen durch Chlor angegriffen werden, der Wasserstoffgehalt gut gebrannter Elektroden aber gering ist. Bezüglich der elektrochemischen Details über die bei der Elektrolyse der Chloralkalien, der Schwefelsäure und Laugen auftretenden Reaktionen an und in den Kohlenelektroden sei auf die ausführliche Arbeit von Sproesser[3]) verwiesen.

Die Prüfung von Elektroden geschieht in denjenigen Lösungen, für welche sie im großen verwendet werden sollen.

Ich habe zu diesem Zwecke die Kohlen ohne Diaphragma in die betreffenden Lösungen gebracht, nachdem sie vorher gewogen worden waren. Als Kathode diente ein Platinblech. Die Strommenge wurde voltametrisch festgestellt, die Oberfläche der Kohle möglichst genau gemessen und nach Beendigung des Versuches die Kohle mit Wasser ausgekocht, getrocknet und wieder gewogen. Der Gewichtsverlust wurde dann für die Stromdichte 0,1 Ampère 1 cm^2 Oberfläche und 1 Stunde berechnet.[4]) Bei der Elektrolyse konzentrierter Alkalichloridlösungen müssen die Versuche ziemlich lang fortgesetzt werden, da der Angriff auf die Kohlen nur langsam erfolgt. Ich habe deshalb die Kohlen in 5%iger Schwefelsäure geprüft, weil dann ihre Zerstörung rascher erfolgt und die Versuche daher rascher gemacht werden können, was für den Fabrikationsbetrieb wichtig ist.

Härdén[5]) verfährt im Prinzip ebenso, jedoch bestimmt er gleichzeitig die durch Verbrennung der Kohle gebildete Kohlensäure. Zu diesem Zweck wird die zu prüfende Kohle in die Chlornatriumlösung, und zwar in den Innenraum eines Diaphragmas, gebracht, welches oben mit einem vierfach durchbohrten Stopfen ver-

[1]) Coehn, Zeitschr. f. Elektrochemie II, 542, 616. III, 424.
[2]) Winkler, Elektrochem. Zeitschr. 1900. No. 23.
[3]) Zeitschr. f. Elektrochemie, No. 71—74, 76—77. 1901.
[4]) Zeitschr. f. Elektrochemie 1899. No. 40. Siehe auch Stanger und Blount, Dingl. polyt. Journ. 308, 42.
[5]) Elektrotechn. Zeitschr. 1901. No. 15.

sehen ist. Durch denselben geht ein Rohr, mittels dessen kohlensäurefreie Luft durch die Zelle gesaugt werden kann, ein Rohr für die abgesaugten Gase, ein Tropftrichter und der durch eine Glasröhre abgeschlossene Zuleitungsdraht aus Platin für die Kohle. Als Kathode dient ein Eisenblech, der Kathodenraum (das eigentliche Gefäß) ist ebenfalls verschlossen, hat eine Abzugsöffnung für das entwickelte Gas und eine Öffnung für den Eintritt des Leitungsdrahtes zur Kathode. Die Anodengase werden mit Hilfe einer Luftpumpe durch eine Waschflasche mit Arsentrioxydlösung, eine Waschflasche mit Jodkaliumlösung (zur Beseitigung etwa vorhandenen Chlors), hierauf durch zwei Chlorcalciumröhren gesaugt, worauf das Kohlendioxyd in einem Geißlerschen Apparat in Kalilauge absorbiert und gewogen wird. Da die Kochsalzlösung selbst sowie die Reinigungsflüssigkeiten Kohlendioxyd absorbieren, so sind die Resultate nicht genau.

Für den Fabriksgebrauch verwandte Härdén (l. c.) die von mir benützte Methode in entsprechender Umänderung. Die einzelnen Zellen, bestehend aus emaillierten Eisenkufen, u-förmig gebogenen Eisenkathoden und den zu prüfenden Elektroden ohne Diaphragma, wurden nebst den nötigen Meßapparaten parallel geschaltet, um verschiedene Stromstärken gleichzeitig benutzen zu können. Zur Regulierung der letzteren dienten Rheostaten. Der elektrische Strom wurde einer Dynamomaschine entnommen. Die Stromstärke betrug meist 15 Ampère, war aber nicht konstant, weshalb ein Alarmwerk eingeschaltet wurde, welches das Maximum und Minimum der für den Versuch festgesetzten Stromstärkeschwankungen signalisierte. Die Gewichtsabnahme der Kohlen wurde wie oben bestimmt. Die Stromdichte wurde zu 0,1 Ampère pro 1 cm^2 gewählt.

Sproesser (l. c. S. 975) empfiehlt für die Prüfung der Kohlen für Elektrolyse der Chloralkalien folgende Methode: in die zu prüfende Kohle wird ein starker Platindraht eingebohrt, an welchen ein dünnerer Platindraht angeschweißt wird. Über diesen Draht wird eine Glasröhre geschoben, welche an einer Stelle an den Draht angeschmolzen wird. Diese Glasröhre dient dazu, den Draht gasdicht durch einen Kautschuk-Stopfen führen zu können. Als Kathoden dienen zwei Platinbleche, deren Ableitungsdrähte ebenfalls durch den Stöpsel gehen. Außerdem hat derselbe noch drei Durchbohrungen, deren eine ein Gasableitungsrohr, die zweite ein Thermometer und die dritte eine Glasröhre aufnimmt, welche oben mit einem Stück Kautschukschlauch, in dem ein abgeschmolzener Glasstab steckt, verschlossen ist und zur Entnahme von Flüssigkeits-

proben dient. Als Elektrolyt geeignet ist eine Lösung von 200 g Kochsalz oder Chlorkalium in 1 l Wasser, welcher 0,2 g normales Kaliumchromat zur Unterdrückung der kathodischen Reduktion zugesetzt werden. Das ganze Gefäß (ein starkwandiges Becherglas) faßt etwa $^1/_4$ l Flüssigkeit. Die vorbereitete Zelle wird zwecks Regelung der Temperatur in ein Wasserbad gesetzt. In den Stromkreis schaltet man ein Kupfervoltameter, Ampèremeter und Knallgasvoltameter, in den Nebenschluß ein Voltmeter. Das in der Zelle entwickelte Gas wird in eine Hempelsche Bürette übergesaugt und analysiert, wobei man Kohlensäure und Sauerstoff bestimmt. Der aus der Zelle entwickelte Sauerstoff und Wasserstoff wird mit den im Knallgasvoltameter entwickelten Gasmengen verglichen, wodurch man zu einem gasanalytisch gefundenen Ausbeutewert gelangt. Der im Elektrolyten gebildete Hypochloritsauerstoff wird bestimmt, indem man 1—2 cm³ der Flüssigkeit entnimmt und mit $^1/_{10}$ normaler arseniger Säure titriert. Etwa vorhandener Chloratsauerstoff wird nach der von Foerster und Jorre angegebenen Weise bestimmt. Arbeitet man bei zirka 60° C., so findet keine Chloratbildung statt. Zur Bestimmung der Gesamtausbeute wird die Endlauge in einen $^1/_2$ l-Kolben gespült, die Elektroden werden gut abgewaschen, die Waschwässer vereinigt und auf 500 cm³ aufgefüllt. In einem aliquoten Teil wird der wirksame Sauerstoff bestimmt. Die während des Versuchs entnommenen Flüssigkeitsproben sowie der Sauerstoff des Chromats werden bei der Ausbeuteberechnung berücksichtigt. In einem anderen Teil wird die absorbierte Kohlensäure in folgender Weise bestimmt: 200 cm³ der Lösung werden in einen Kolben mit doppelt durchbohrtem Stopfen gebracht. Durch die eine Bohrung geht eine bis zum Boden reichende Glasröhre, durch welche kohlensäurefreie Luft eingesaugt wird. Die zweite Durchbohrung enthält eine Gasableitungsröhre, durch welche die Gase in drei Waschflaschen abströmen, von welchen die erste leer ist, die zweite mit Jodkaliumlösung und die dritte mit konzentrierter Schwefelsäure beschickt ist. Die Lösung wird zur Zerstörung des Hypochlorits mit 50 cm³ dreiprozentiger Wasserstoffhyperoxydlösung und etwas Phosphorsäure versetzt, zum Kochen erhitzt und ein langsamer Luftstrom durchgeleitet. Die entwickelte Kohlensäure wird in einem vor und nach dem Versuch zu wägenden Kaliapparat aufgefangen. Endlich kann man noch die Elektrode vor und nach dem Versuch wägen, wodurch man den Gesamtverlust findet; die aus der Lauge und den Waschwässern in dem oben erwähnten Kolben sich absetzenden festen Kohlenteilchen (die Abscheidung

derselben erfolgt leicht bei längerem Stehen), werden filtriert, gewaschen, getrocknet und gewogen und geben den Anteil der Kohle, welcher mechanisch losgelöst wurde.

Nunmehr sind alle Daten zur Beurteilung der Kohle gegeben. Ein Beispiel[1]) wird das für technische Zwecke allerdings sehr komplizierte Verfahren verdeutlichen:

Angewendete Kohle: gesägte Retortenkohle, 4,5 × 7 × 1 cm.

Wirksame Oberfläche: 63 cm².

Stromstärke: 2,1 Ampère; daher Stromdichte 0,033 Ampère pro 1 cm².

Spannung: 3,1—3,2 Volt.

Temperatur: 60—61° C. Dauer: 6 Stunden.

Die im Voltameter niedergeschlagene Kupfermenge betrug 15,9 g Kupfer entsprechend 4,01 g Sauerstoff. Die Lauge enthielt 2,51 g wirksamen Sauerstoff. Daher ist die Stromausbeute: $\frac{2,51 \times 100}{4,01} = 62,6\,^0/_0$. Ist nun v (in der zitierten Arbeit nicht angegeben) das Volumen des in einer bestimmten Zeit im Knallgasvoltameter abgeschiedenen Sauerstoffes, v' das Sauerstoffvolum des in derselben Zeit aus der Zelle entwickelten Gases, so ist $\frac{100\,(v - v')}{v}$ ebenfalls die Stromausbeute,[2]) welche aber auf diese Weise berechnet einen größeren Wert als vorhin ergibt, in unserem Falle $74,6\,^0/_0$. Die Differenz $74,6 - 62,6\,^0/_0 = 12\,^0/_0$ ist derjenige Teil der Stromarbeit, der zur Oxydation der Kohle verwendet wurde.

Ist ferner das in der obigen Zellengasmenge enthaltene Kohlensäurequantum v_2, so ist $\frac{100\,v_2}{v}$ derjenige Teil der Stromarbeit in Prozenten, welcher zur Bildung gasförmiger Kohlensäure gedient hat. Im obigen Falle betrug derselbe $3\,^0/_0$. Außerdem ist aber noch Kohlensäure im Elektrolyten gelöst; die dieser Kohlensäuremenge entsprechende Stromarbeit in Prozenten betrug ebenfalls $3\,^0/_0$. Folglich sind $6\,^0/_0$ der Stromarbeit zu anderweitiger Oxydation der Kohle (z. B. zu organischen Verbindungen) verbraucht worden. Bedeutet weiters w die in derselben Zeit im Knallgasvoltameter abgeschiedene Wasserstoffmenge und w' das gleichzeitig im Zellengas entwickelte Wasserstoffquantum, so ist $\frac{(w - w')\,100}{w}$

[1]) Sproesser, l. c. S. 1012, Versuch 20.

[2]) Dieselbe wird aber nicht aus einer Bestimmung, sondern aus einer Reihe von Gasanalysen ermittelt auf graphischem Wege nach Oettel, Zeitschrift f. Elektrochemie 1894. 2.

der Teil der Stromarbeit[1]) in Prozenten, der zur Reduktion verbraucht wurde. Derselbe betrug z. B. 2 %.

Da nun noch schließlich $\frac{100v'}{v}$ der zur Bildung des freien Sauerstoffes dienliche Anteil ist (in unserem Falle z. B. 23 %, so ergibt sich nunmehr folgende Bilanz der Stromarbeit:

1. Ausbeute an wirksamem Sauerstoff	63 %	(korr.)
2. Verlust durch Reduktion	2 %	
3. „ „ Sauerstoffentwickelung	23 %	
4. „ „ Kohlensäureentwickelung	3 %	Oxydation der Kohle.
5. „ „ gelöste Kohlensäure	3 %	
6. „ „ sonstigen Angriff der Kohle	6 %	

Hat man das gesamte Zellengas aufgefangen, so ergibt sich aus der Gasanalyse die Gesamtmenge der gasförmigen Kohlensäure; dieses Quantum, zu dem in Lösung gebliebenen, welches bereits bestimmt wurde, addiert, gibt den Gesamtverlust der Kohle durch Verbrennung zu Kohlensäure. Ist dessen Gewicht a, das Gewicht des unlöslichen Abfalles b und der gesamte Gewichtsverlust der Kohle während der Elektrolyse c, so hat man noch in Prozenten des Gesamtverlustes:

7. $\frac{100a}{c}$ % in Form von Kohlensäure.

8. $\frac{100b}{c}$ % in Form unlöslichen Abfalles.

9. $\frac{100(e-a-b)}{c}$ in Form gelöster Substanzen.

Für die Beurteilung der Kohle kommen zunächst die Werte 4, 5 und 6 in Betracht, wobei zu erwägen ist, daß die Zahl 5 unter gleichen Versuchsbedingungen nahezu konstant sein wird. Je größer also 4 und 6 sind, ein desto größerer Anteil der Stromarbeit geht auf Oxydation der Kohle verloren, wodurch gleichzeitig die Zerstörung der Kohle und der Verlust an Energie als Nachteile auftreten. Die Werte 1, 2 und 3 sind von so viel Umständen abhängig, daß man nur dann, wenn die verschiedenen Kohlen unter ganz denselben Bedingungen (Konzentration, Stromstärke, Stromdichte, Temperatur u. s. w.) prüft, vergleichbare Werte erhält. Der Wert 3 ist meist größer bei Kohlen- als bei Platinelektroden, 2 zeigt verhältnismäßig geringe Schwankungen, 1 soll natürlich so groß als möglich sein, da dies den Anteil an nütz-

[1]) Siehe Anmerkung 2 auf voriger Seite.

licher Stromarbeit darstellt. Die Zahlen 7, 8 und 9 hängen mit den oben genannten zusammen. Je kleiner sie sonst unter gleichen Umständen sind, desto besser ist die Kohle, namentlich soll der Wert 8 im Verhältnis zum Gesamtverlust nur klein sein; ein starker Abfall von Kohle deutet auf ein schlechtes Gefüge der Kohle.

Sproesser empfiehlt auch, außer dieser Prüfung noch eine zweite in 20%iger Schwefelsäure vorzunehmen, wobei die Versuchsbedingungen ganz ähnliche sind.[1]) Dies geschieht deshalb, weil, wie ich schon früher hervorhob,[2]) der Angriff der Kohle in Schwefelsäure sehr intensiv ist und bei der obigen Versuchsordnung (Temperatur 15—25° C.) über 90% der gesamten Stromarbeit ausmacht.

Im folgenden gebe ich eine Auswahl von mit verschiedenen Kohlensorten ausgeführten Untersuchungen, soweit solche für den Zweck dieses Buches in Betracht kommen.

1. Versuche mit Kochsalzlösungen.

a) Gesättigte Kochsalzlösung (Zellner). Spannung 6 Volt, Stromstärke 2,7 Ampère, Stromdichte 10 Ampère auf 1 dm². Kohlenstäbe von 12 mm Durchmesser. Versuchsdauer 41 Stunden. Temperatur 25—30° C.

Marke	Gewicht vor dem Versuch (g)	Gewichtsverlust während der Elektrolyse (g)	Gewichtsverlust pro 10 Ampère-stunden bei obiger Strom-dichte (g)	Aussehen der Kohle nach dem Versuch
1. Siemens, Marke T (Petrolkoks) . .	25,507	2,111	0,194	ohne Riß
2. Hardtmuth, Kohinoor (Anthracit)	25,326	1,448	0,140	etwas porös
3. Hardtmuth, HH (Ruß)	23,316	1,167	0,108	viele tiefe Risse und Gruben
4. Hardtmuth, U* (Retortenkohle) .	28,467	0,877	0,0826	einige Risse

Die Kohlenproben waren im selben Stromkreis hintereinandergeschaltet. Die Kohle No. 4 war weitaus die beste.

b) 20%ige Kochsalzlösung (Sproesser). Stromstärke 2,1 Ampère, Stromdichte 3,3 Ampère pro 1 dm². Platten 4,5 × 7 × 1 cm. Versuchsdauer meist 179 Stunden, Strommenge meist 376 Ampère-Stunden. Temperatur 60° C.

[1]) Sproesser, l. c. S. 1071.
[2]) Zeitschr. f. Elektrochemie. 1899. No. 40.

Marke	% Strom-Ausbeute an wirksamem Sauerstoff	Zahl der Ampèrestunden	Gewicht der Kohle vor dem Versuch (g)	Verlust der Kohle (g)	Unlöslicher Abfall (g)	Gelöst und vergast (g)	Gewichtsverlust[1]) pro 10 Ampèrestunden bei obiger Stromdichte
1. Graue, dichte Retortenkohle . .	48,4	376	57,8	13,8	3,4	10,4	0,367
2. Blättrige, dichte Retortenkohle .	56,3	"	54,4	11,0	3,7	7,3	0,292
3. Weiche, ordinäre Elektrode . . .	39,5	303	60,3	48,6	32,5	16,1	1,603
4. Harte Kohle von Dr. Lessing . .	44,2	376	65,0	21,2	5,0	16,2	0,563
5. Kronenkohle von C. Conradty . .	47,6	"	37,4	23,6	10,6	13,0	0,627

Weitaus am besten hielten sich die aus gesägter Retortenkohle hergestellten Platten 1 und 2, während die Elektrode 3 ganz besonders schlecht ist, was durch den hohen Prozentsatz an mechanisch losgelöster Kohle noch deutlicher sich zeigt. Der Einfluß der Temperatur ist sehr beträchtlich. Denn während der Konzentrationsunterschied zwischen gesättigter (26%iger) und 20%iger Kochsalzlösung ein mäßiger ist, steigt der Verschleiß bei erhöhter Temperatur trotz der viel kleineren Stromdichte in auffallendem Maße.

Marke	Versuchsdauer (Stunden)	Stromstärke (Ampère)	Gewicht vor dem Versuch	Gewichtsverlust	Gewichtsverlust pro 10 Ampèrestunden bei obiger Stromdichte
1. Elektrode von Conradty . . .	a) 24 b) 7,5	a) 15 b) 5	a) 928 b) 577	a) 182 b) 20	a) 5,05 b) 5,20
2. Planiawerke Marke Z . . .	24	15	920	37,2	1,03
3. Le Carbone E. G.	24	15	529	98,9	2,74
4. Rudolphs glasharte Kohle. .	10	5	35,102	7,68	1,53
5. Retortengraphit	a) 10 b) 10	a) 5 b) 5	a) 38,795 b) 678	a) 12,795 b) 12	a) 2,56 b) 3,20
6. Schiff & Co., A'	11,6	6	76,5	23,5	3,37
7. Schiff & Co., N	7,5	5	422	21	5,60
8. Schiff & Co., HN	a) 11,6 b) 7,5	a) 12 b) 5	a) 752 b) 459	a) 46 b) 12	a) 3,30 b) 3,20
9. Holzkohle . .	5,5	5	213	8	2,90
10. Künstl. amerik. Graphit (Acheson)	7,5	5	279	4	1,06

Anmerkung. In einigen Rubriken sind zweierlei Werte von verschiedenen Beobachtern, um zu zeigen, inwieweit an derselben Kohlensorte die Resultate übereinstimmen.

[1]) Beim Arbeiten mit Diaphragma ergaben dieselben Kohlen folgende Verluste pro 10 Amp.-Stunden: 1. 0,245 g; 2. 0,59 g; 3. 1,881 g; 5. 0,371 g. Sproesser, l. c. S. 1031.

c) 1 %ige Kochsalzlösung (Zellner und Härdén). Stromdichte 10 Ampère auf 1 dm². Spannung 20—40 Volt. Temperatur 22—66° (s. Tabelle auf voriger Seite, unten).

Hier zeigt sich der nachteilige Einfluß der verminderten Konzentration des Elektrolyten. Am besten bewährten sich die elektrisch geglühten Kohlen 2 und 10, minder gut die ebenfalls elektrisch gebrannte Marke 3, sodann folgt die nicht graphitierte Sorte 4. Bemerkenswert ist die hohe Widerstandskraft der Holzkohle.

2. Versuche mit 5 %iger Schwefelsäure. Spannung 5 Volt. Temperatur 50—53° C.

Auf der nächsten Seite gebe ich eine Tabelle über das Verhalten zahlreicher Kohlensorten in 5 %iger Schwefelsäure. In diesem Elektrolyten ist, wie erwähnt, der Zerfall der Kohle ein rascher. Sproesser behauptet auf Grund seiner Beobachtungen, daß zwischen der Zerstörung der Kohlen in Schwefelsäure und Alkalichloridlösungen kein Parallelismus besteht, d. h. daß von zwei Kohlen die eine in Schwefelsäure, die zweite in Alkalichloridlösungen die beständigere sein kann. Doch erscheint diese Behauptung noch nicht genügend sichergestellt. Sollte sie sich als richtig erweisen, so wird die folgende Tabelle auch dann nicht ihren Wert verlieren, sondern brauchbare Anhaltspunkte geben, falls man, wie es wohl nötig sein dürfte, die Kohlen außer in Chloridlösungen auch in einem Elektrolyten prüft, dessen Anionen ausschließlich sauerstoffhaltige sind.

Bezüglich anderer Lösungen (Laugen, Chlorzinklösungen) verweise ich auf die zitierten Abhandlungen von Zellner, Härdén und Sproesser.

Außer der direkten Prüfung im Elektrolyten sind zur Beurteilung der Elektrodenkohlen von Belang:

1. Der Aschengehalt; derselbe gibt Anhaltspunkte über das verwendete Rohmaterial; in der Regel sind die Aschenbestandteile: Eisenoxyd, Tonerde und Kieselsäure, Schwefel soll nur in sehr geringer Menge vorhanden sein. Alkalische Erden, welche, wie Winteler meint, in Form von Karbiden zur Zerstörung der Kohlen beitragen könnten, sind nie in größerer Menge anwesend.

2. Porosität. Dieselbe bietet einen wichtigen Anhaltspunkt zur Beurteilung, worüber schon früher gesprochen wurde.

3. Verkokungszahl. Der Glühverlust guter Elektroden darf immer nur sehr gering sein. Der Gehalt an Kohlenwasserstoffverbindungen ist deshalb schädlich, weil Chlor auf diese Körper ein-

Marke	Eingetaucht. Oberfläche der Kohle (cm²)	Strom-stärke Amp.	Strom-dichte Amp. pro dm²	Gewichts-verlust (g)	Versuchs-dauer (Stunden)	Ge ve 10 st
Dr. Lessing Harte Elektrode	40,0	3,5	8,75	4,158	4	
Siemens Lichtkohle A . .	38,9	3,5	8,98	7,544	$3\frac{3}{4}$	
Siemens Lichtkohle T . .	38,9	4	10,02	13,922	$4\frac{1}{6}$	
Hardtmuth Kohinoor . . .	38,9	3,75	9,6	13,357	$5\frac{1}{4}$	
Hardtmuth Marke M . . .	40,7	3,5	8,6	13,797	$3^h\ 55'$	1
Hardtmuth Elektrode . . .	35,4	11,25	31,7	7,066	$1\frac{1}{2}$	
Rudolphs Elektrode . . .	35,0	11,25	32,1	5,520	$1\frac{1}{2}$	
Rudolphs Glasharte Kohle	38,4	4	10,4	1,767	2	
Casseler Carbonkohle . .	69,7	5	7,17	2,630	2	
Casseler Anthracit-elektrode . . .	61,6	3,5	5,68	1,585	2	
Elektrode E. G. der Le Carbone . .	26,3	3,9	14,82	1,94	$1\frac{2}{3}$	
Elektrographitierte Kohle (Härdén) .	42,5	3,8	8,94	1,62	2,1	
Le Carbone Dynamobürste ∞	33,24	3,5	10,52	3,663	4	
Gesägte Retortenkohle .	100	3,5	3,5	5,598	$3\frac{1}{2}$	
Gesägter Ceylongraphit .	64,45	7,5	11,24	23,094	2	1
Rudolphs Dynamobürste .	33,24	3,5	10,56	6,534	4	
Elektrode aus Holzkohle . . .	55,0	6,5	11,8	10,512	3	

wirkt und dieselben rasch zerstört. Außerdem deutet ei trächtliche Verkokungszahl auf ein mangelhaftes Ausglühen der hin, wodurch der Widerstand nachteilig beeinflußt wird.

4. Der spezifische Widerstand, über dessen Bestimmung berichtet wurde.

Ursachen der Zerstörung. Nach den bisherigen I ungen[1]) ist die Ursache der chemischen Zerstörung der Kohle ausschließlich Oxydation, während, wie mehrfach erwähnt, auf reine Kohle nicht einwirkt.

[1]) Siehe Debray-Pechard, Compt. rend. 105. 27. Sproesse schrift f. Elektrochemie. 1901. S. 1039 ff.

Der Sauerstoff kann aus der Entladung verschiedener Ionen herrühren (ClO', SO_4'', ClO_3', OH' u. s. w.). In welcher Art aber die Oxydation vor sich geht, ist bisher nicht aufgeklärt. Die Annahme, daß die Kohle depolarisierend wirkt, d. h. daß die Entladung des Sauerstoffes an Kohle in Form von Kohlensäure leichter stattfindet als diejenige von freiem Sauerstoff am Platin, ist nach Sproesser unzulässig, weil aus derselben folgen würde, daß bei steigendem Anodenpotential immer weniger Sauerstoff als Kohlendioxyd entweichen müßte, während das Gegenteil der Fall ist. Die Verbrennung der Kohle erfolgt also nicht leichter als die Abscheidung von Sauerstoff aus neutraler Lösung. Gleichzeitig mit der chemischen Zerstörung der Kohle findet der mechanische Angriff statt. Der letztere steht in Zusammenhang mit der Struktur der Kohle, namentlich ihrer Porosität (siehe daselbst), besonders auch der Korngröße des angewandten Rohmateriales (grobe Körner lösen sich leichter ab) und der angewandten Glühtemperatur.

Bei der Elektrolyse der Chloralkalien ist Sproesser zu folgenden Resultaten gelangt: Die Ausbeute an wirksamem Sauerstoff ist bei Kohlen stets geringer wie an Platinelektroden. Im Anfang der Elektrolyse entwickelt sich an ersteren viel mehr Sauerstoff als an letzteren, obwohl die Hypochloritkonzentration im ersteren Falle kleiner ist. Die Erhöhung der Stromdichte wirkt auf die Kohle nicht nachteilig. Die mechanische Wirkung der Gasentwickelung ist nur eine unbedeutende, da die Kohle als Kathode keinen Zerfall erleidet. Die Menge der mechanisch abfallenden Kohle ist oft erheblich und kann den chemischen Verlust übertreffen. Zwischen dem Verhalten der Kohlen bei der Alkalichloridelektrolyse ohne Diaphragma und mit solchem besteht im allgemeinen Übereinstimmung.

Bei der Elektrolyse der Schwefelsäure ist der Angriff auf die Kohlen sehr stark (Zellner, Winteler). Der chemische Angriff beträgt nach Sproesser meist gegen 90% der Stromarbeit, die gebildete Kohlensäure beträgt etwa die Hälfte der Oxydationsprodukte. Dazu kommt noch der erhebliche Abfall an Kohle.

Bei der Elektrolyse von Laugen ist sowohl der mechanische wie der chemische Angriff auf die Kohlen weit kleiner.

Nach Sproesser herrscht zwischen der Angreifbarkeit der Kohlen in Schwefelsäure und Lauge und ihrer Angreifbarkeit in Chloridlösungen keine direkte Beziehung.

Die Erklärung für das Verhalten der Kohlen bei der Elektrolyse der Chloralkalien ist nach Sproesser die, daß der im Innern der Kohle befindliche Elektrolyt sich an der Elektrolyse beteiligt.

Es findet innerhalb der Poren eine stärkere Verarmung der Lösung an Chlorionen statt, weil die Wanderung der Ionen in die Poren nicht so rasch erfolgen kann wie an der Oberfläche, und die Folge davon ist, daß an Kohlenanoden auch in konzentrierten Lösungen Vorgänge eintreten, welche am Platin erst in verdünnten Lösungen statthaben (Entladung von Hydroxylionen). Das gleiche findet bei der Elektrolyse von Salzsäure statt, so daß Sproesser den Schluß zieht, daß die Oxydation der Kohle wesentlich durch die Wasserzersetzung (Entladung der Hydroxylionen) verursacht wird. Die bei der Alkalichloridelektrolyse sich bildende unterchlorige Säure wirkt zwar auch auf die Kohle ein, jedoch ist diese Oxydation, wie durch direkte Versuche gezeigt wurde, unbedeutend. Bei der Elektrolyse der Schwefelsäure hingegen findet eine Anreicherung von Anionen (SO_4'', HSO_4') statt, also eine Vergrößerung der Konzentration im Innern der Kohle. Dadurch wird, insofern eine Konzentrationserhöhung eine Erhöhung der Leitfähigkeit bedingt (also unterhalb 30,4 %) eine größere Strommenge innerhalb der Kohle in den Elektrolyten eintreten und demgemäß eine stärkere Zerstörung der Kohle erfolgen.

Bedingungen für die Erhaltung der Kohlen. Nach dem Gesagten ergeben sich folgende Punkte bezüglich der möglichsten Schonung der Kohlen bei der Elektrolyse:

1. Die Kohlen halten um so länger aus, je größer das Leitungsvermögen des Elektrolyten ist, oder anders gesagt, je höher die Konzentration ist, falls wie bei den Chloralkalien die Leitfähigkeit mit der Konzentration wächst:
2. je niedriger die Temperatur ist, weil bei höherer Temperatur der Angriff des Sauerstoffs viel energischer ist, was nach Sproesser von der vermehrten Entladung der Hydroxylionen herrührt;
3. je besser die Kohle ist, d. h. je weniger Poren sie besitzt und je weniger diese Poren Kanäle darstellen, welche von der Oberfläche ins Innere der Kohle führen, ferner, je besser die Kohle geglüht und dadurch von organischen Verbindungen befreit ist;
4. je höher das Entladungspotential des Sauerstoffs aus der betreffenden Lösung ist.

Bezüglich des Einflusses der Stromdichte sind Sproesser und Zellner zu entgegengesetzten Resultaten gekommen.

B. Elektroden für die Verwendung im elektrischen Ofen müssen darauf hin geprüft werden, wie viel Kilogramm

Elektrodengewicht bei der Herstellung eines bestimmten Quantums des Reaktionsproduktes verbraucht werden.

Für Karbiderzeugung verbraucht man nach Härdén 8,7—12,0 kg Elektrodenkohle pro 100 kg Karbid. Nach Liebetanz[1]) brennen bei normalem Betrieb 5—7 mm pro Stunde an der oberen Kohle ab, doch gibt er weder die Dimensionen der Kohle noch die Stromstärke an, so daß eine Verhältniszahl sich daraus nicht berechnen läßt. Bei dem billigen Preis, den Karbidelektroden haben sollen, kann man natürlich keine hohen Anforderungen stellen. Nach Härdén ist ihr spez. Widerstand 45—80 Ohm. Denselben durch elektrische Graphitierung herabzusetzen, erscheint unökonomisch. Querrisse stören den Betrieb in hohem Grade; ein Zukleben derselben mit Kohle-Teermischungen ist verwerflich, da dasselbe nur das Ansehen nicht die Qualität verbessert. Überzüge (z. B. Borsäure) lohnen sich kaum. Der Verbrauch der Kohlen im Ofen hängt natürlich auch von dem Kohlengehalt des Reaktionsgemisches sowie vom mittleren spez. Gewicht der Elektrode ab. Nach Liebetanz (l. c.) sollen die Kohlen feinkörnig, jedoch nicht aus mehlfeinem Kohlenpulver hergestellt sein, da im letzteren Falle einzelne Stellen schneller ausbrennen und Löcher entstehen, wodurch schädliche Schwankungen des Lichtbogens herbeigeführt werden. Anderseits bringt zu grobkörnige Kohle dieselben Nachteile mit sich. Die Elektroden sollen also — hier wie überall — möglichst homogen sein, namentlich keine größeren Hohlräume enthalten. Ein mäßiger Aschengehalt schadet nicht, geringe Mengen Eisen und Silicium sind nach Härdén belanglos, hingegen ist auf Phosphorgehalt etwas genauer zu achten.

Bezüglich der Abnutzung der Kohlen in anderen Betrieben (Aluminium, Natrium, Phosphor etc.) sind zahlenmäßige Angaben bisher nicht gemacht worden. Für die Aluminiumindustrie ist möglichst geringer Gehalt an Kieselsäure von Wichtigkeit, überhaupt wird man bei elektrometallurgischen Prozessen darauf achten, daß der Aschengehalt der Kohle ein recht geringer ist. Der Widerstand soll ebenfalls nicht zu hoch sein. Ein Gehalt an organischen Verbindungen, welche aus dem Teer zurückgeblieben sind und deren Menge bei halbwegs gut geglühten Kohlen nur gering ist, kommt bei diesen Elektroden, welche ohnehin einem raschen Verbrauch unterliegen, kaum in Betracht.

---

[1]) Calciumkarbid und Acetylen. 1899.

3. Prüfung der Batteriekohlen und Braunsteinbriketts.

Besondere Prüfungsverfahren für Batteriekohlen sind meist nicht nötig. Ihr spez. Widerstand soll natürlich möglichst klein sein, was jedoch bei den sog. hochporösen Kohlen nicht tunlich ist. In chemischer Hinsicht sind die Batteriekohlen die minderwertigsten Produkte unserer Fabrikation, da man alle möglichen Kohlensorten und Abfälle der sonstigen Produktion für sich oder gemischt verwendet. Gesägter Retortengraphit ist am empfehlenswertesten, Gemische aus Retortenkohle und Graphit sind ebenfalls gut, aber teuer. Der Aschengehalt ist oft sehr hoch, Silikate sind belanglos, jedoch sollte Schwefeleisen in größerer Menge nicht vorhanden sein. Am besten stellt man mit der zu prüfenden Kohle ein Element der gewünschten Type her und bestimmt Spannung und Stromstärke (letztere bei verschiedenen äußeren Widerständen mit Rücksicht auf die Plattengröße).[1])

Die Prüfung der Braunsteinbriketts kann in gleicher Weise geschehen. Man setzt die zu prüfenden Braunsteinplatten mit einer guten Kohle zusammen in eine Zelle nach Leclanché mit frischer Lösung und gut amalgamiertem Zink, wobei die Spannung 1,5 Volt betragen muß. Um die depolarisierende Wirkung zu prüfen, muß aber die Versuchsdauer eine lange sein.

Rudolphs schneidet deshalb aus der betreffenden Braunsteinplatte ein länglich prismatisches Stück, wägt dasselbe und setzt es als Kathode in einen dem Hofmannschen ähnlichen Apparat. Die Lösung wird vorher mit Sauerstoff gesättigt. Nun leitet er einen kräftigen Strom durch den Apparat, mißt den an einer Platinelektrode entwickelten Sauerstoff sowie den an der Braunsteinelektrode abgeschiedenen Wasserstoff und beurteilt aus dem Defizit des letzteren die depolarisierende Wirkung des Braunsteinbriketts.

Will man Braunsteinbriketts analysieren, so extrahiert man sie nach dem Trocknen (im gepulverten Zustande) zuerst mit Äther, Chloroform o. dgl., um das meist beigefügte Harz zu entfernen, welches man nach dem Abdunsten der Lösung wägen kann, kocht hierauf mit Wasser aus, um Salmiak, Kaliumbisulfat und ähnliche Zusätze zu isolieren und bestimmt nun den Braunstein nach einer der üblichen Methoden. Will man den Kohlenstoffgehalt quantitativ bestimmen, so muß man eine Probe (nach Beseitigung des Harzes) elementaranalytisch untersuchen. Da die Braunsteinbriketts nicht geglüht werden dürfen, weil sonst der Braunstein Reduktion er-

[1]) Härdén, Elektrotechn. Anzeiger 1902. No. 1.

leidet und seine depolarisierende Wirkung verliert, so setzt man gewöhnlich als Kohlenmaterial nur sehr wasserstoffarme, gut leitende Kohlen zu, um den Widerstand nicht unnötig hoch zu machen. Man braucht also nicht zu besorgen, daß der Wasserstoffgehalt der Kohle die Resultate bei Bestimmung des wirksamen Sauerstoffes beeinflußt. Für alle Fälle kann man statt der Bunsenschen die Oxalsäuremethode verwenden. Handelt es sich darum, festzustellen, welche Art von Kohle beigemischt wurde, so verfährt man am besten so, daß man die zu untersuchende Probe pulverisiert und die Kohle abschlämmt. In gleicher Weise kann man auch verfahren, wenn es sich um Kohle-Braunsteingemische in Pulverform handelt, wie sie bei der Fabrikation von Trockenelementen Verwendung finden.

Nach Härdén[1]) soll der spez. Widerstand der Elementkohlen nicht über 75 Ohm sein, was in Anbetracht ihrer häufig bedeutenden Porosität nicht viel ist. Die letztere ist hier deshalb nicht für die Lebensdauer der Kohle schädlich, weil die Kohle in der Lösung als Kathode funktioniert und deshalb durch elektrochemische Prozesse nicht angegriffen wird. Außerdem werden Elementkohlen mit höchstens 0,5—1 Ampère pro dm^2 belastet, während die Stromdichte an Elektroden nicht selten 5—6 Ampère pro dm^2 beträgt.

4. Prüfung von Kohlenbürsten.[2])

Von den allgemein zur Verwendung kommenden Untersuchungsmethoden ist besonders die Widerstandsbestimmung von Wichtigkeit. Dabei ergibt sich die Schwierigkeit, daß die fertigen Kohlenstücke eine sehr geringe Länge bei verhältnismäßig großem Querschnitt haben, wodurch natürlich die Widerstandsbestimmung erschwert wird. Es ist daher empfehlenswert, gleichzeitig mit den Kohlenkontakten einen längeren Stab aus gleichem Material im selben Ofen zu glühen und dessen Widerstand zu bestimmen.

Von einer guten Kohlenbürste verlangt man außer einem geringen Widerstand:

1. Daß sie ohne starken Druck guten Kontakt gewährt;

2. Daß sie die richtige Härte besitzt; ist die Kohle zu weich, so „schmiert“ sie den Kollektor und verunreinigt denselben, wodurch Funkenbildung und Kurzschluß herbeigeführt werden, ist sie zu hart, so schleift sie ihn bald ab und reibt tiefe Rillen hinein. Manche Kohlenbürsten überziehen sich auf der Schleiffläche mit einer Kupferkohlenschichte, die oft sehr hart ist und den Kollektor stark angreift.

[1]) Elektrotechn. Anzeiger 1902. No. 1.

[2]) Siehe Härdén, Elektrotechn. Zeitschr. April 1901.

Die Schwierigkeiten bei der Herstellung der Kohlenbürsten liegen darin, daß die beiden wünschenswertesten Eigenschaften, hohe Leitfähigkeit und genügende Härte, sich schwer gleichzeitig erreichen lassen. Es läßt sich nämlich die Leitfähigkeit nur durch erhöhten Graphitzusatz steigern, wodurch natürlich die Härte beeinträchtigt wird. Ich habe deshalb versucht, an Stelle des Graphites feinverteilte Metalle der Kohlenmischung zuzusetzen, um den Widerstand herabzusetzen, ohne die Härte zu verringern. Die ungleichen Ausdehnungskoeffizienten von Metall und Kohle bewirken jedoch beim Glühen und darauffolgenden Erkalten ein Lockerwerden der Metallkörner, wodurch natürlich der Widerstand erhöht wird. Am besten eignen sich die französischen Fabrikate (der Société le Carbone), welche aus Retortengraphit, gemahlenen Lichtkohlen u. dgl. hergestellt und nach dem gewöhnlichen Glühen noch im elektrischen Ofen soweit erhitzt werden, daß die Kohle zum Teil (aber nicht vollständig) in Graphit übergeht, wodurch Härte und Leitfähigkeit in befriedigendem Maße erzielt werden.

3. Soll die Kohlenbürste ohne Funkenbildung laufen. Gerade diese letztere Eigenschaft zeigen gute Fabrikate in hohem Maße gegenüber metallischen Schleifkontakten, wofür man eine größere Gleitfläche bei Kohlenkontakten als Nachteil in Kauf nehmen muß. Natürlich kommt in Rücksicht auf die Funkenbildung auch die Konstruktion der Dynamomaschine und die Art des Betriebes (häufige Überbelastungen der Maschine) in Betracht.

Am vorteilhaftesten werden die Kohlenbürsten auf dem Kollektor geprüft. Man bedient sich zu diesem Zwecke vorteilhaft einer Dynamomaschine, die als Motor läuft. Auf der Trommel- oder Ringachse läuft außer den die Stromzuführung besorgenden Kollektorbürsten noch ein zweites Paar von Kontakten, welche mit dem Anker und der Leitung nicht in elektrischer Verbindung stehen und lediglich dazu dienen, die schleifende Wirkung der Bürstenkohle zu prüfen. Die Bürsten werden nicht durch Federdruck, sondern vermittelst Hebel und Gewicht gegen den Kollektor gedrückt, wodurch es ermöglicht wird, den richtigen Druck für jede Bürstensorte zu messen.

Nach den Angaben der Société le Carbone[1]) beträgt bei den von ihr fabrizierten Dynamobürsten die größte zulässige Stromdichte bei dem am schlechtesten leitenden Fabrikat (Marke F) 6 Ampère, bei dem bestleitenden (Marke X oder ∞) 14 Ampère pro Quadratcentimeter Querschnitt. Für die ersteren Bürsten soll der Druck, mit welchem sie gegen den Kollektor gepreßt werden, 100 g pro Quadratcentimeter Berührungsfläche betragen, für die letzteren die

Hälfte. Scott[2]) gibt an, daß 6 Ampère pro Quadratcentimeter eine genügende Durchschnittsstromdichte sind, daß jedoch gut leitende Kohlenbürsten ohne übermäßige Erwärmung mit 10 Ampère pro Quadratcentimeter belastet werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Schleifkontakte für Straßenbahnen unter Umständen die fünffache Belastung ertragen müssen (beim Anfahren, starken Steigungen u. s. w.), wobei natürlich Funkenbildung nicht ganz zu vermeiden ist. Dieselbe ist aber bedeutend geringer wie bei Metallbürsten. Die Leitungsfähigkeit fällt nach Scott (l. c.) nicht sehr ins Gewicht, wenn der Bürstenhalter der Kohle bis auf einen Abstand von höchstens 6 mm von der Kollektoroberfläche eine metallische Stütze gewährt. Im andern Falle kann (bei großen Dynamomaschinen) ein Effektverlust von 1—2 % beobachtet werden. Scott empfiehlt folgende Verhältnisse zwischen Stromstärke und Bürstendimensionen:

Stromstärke in Ampère	Zahl der Bürsten (in Paaren)	Länge der Bürsten mm	Breite derselben mm	Dicke derselben mm	Querschnitt mm^2	Stromdichte pro Quadratcentimeter
20	1	88,9	50,8	12,7	645,16	3,1
45	2	"	"	"	"	3,5
75	2	"	"	"	"	5,8
115	3	"	"	"	"	5,9
165	3	127	"	19	965,2	5,7
225	4	"	"	"	"	5,7
300	4	"	"	"	"	7,8
450	5	177,8	"	25,4	1290,32	6,9
600	6	"	"	"	"	7,7

Ist der berührende Querschnitt zu klein, was auch dadurch geschehen kann, daß die Kohle schlecht auf dem Kollektor aufsitzt, so findet eine solche Vergrößerung der Stromdichte an der Berührungsstelle statt, daß Schmelzung der Metalle und Ausbrennen tiefer Rillen statthat. Das Auftreten gelblicher Funken deutet auf diesen Vorgang hin, während die kleinen bläulichen Funken an den Kanten der Bürsten verhältnismäßig von geringem Belang sind.

Um die richtige Wahl der in einem bestimmten Falle anzuwendenden Bürstensorte zu treffen, müssen berücksichtigt werden:

1. Stärke der Maschine (Spannung und Stromstärke);
2. Tourenzahl;
3. Durchmesser, Länge und Material des Kollektors;

[1]) Prix courant de 1900. S. 16.

[2]) Elektrotechn. Anzeiger 1898. No. 44 u. 45.

4. Zahl der Sektoren;
5. Art des Isoliermaterials;
6. Zahl der Pole und der Schleifkontakte.

Punkt 1 bestimmt den nötigen Gesamtquerschnitt, Punkt [illegible] den Querschnitt der einzelnen Bürste (s. o.), Punkt 2 und 5 di[illegible] Härte, Punkt 3 die Härte, das Profil und zum Teil die Form de[illegible] Querschnittes, Punkt 4 die Breite des Bürstenquerschnittes, welch[illegible] von Einfluß auf die Funkenbildung ist, da es nach Scott (l. c[illegible]) unter Umständen vorteilhaft ist, wenn die Bürsten mehrere Kollektor[illegible] segmente statt eines bedecken (z. B. bei einfacher Ankerwickelun[illegible] in einem starken magnetischen Felde). In ähnlicher Weise funk[illegible] tionieren die sog. „Multisektionskohlenbürsten" (s. daselbst).

5. Prüfung der Mikrophonkohlen.

An Mikrophonkohlen auftretende Übelstände sind:

1. Die mechanische Abnutzung an den Lagerstellen und Bildun[illegible] mehlfeinen Kohlenpulvers, welches störend wirken kann un[illegible]d
2. Allmähliches Ausbrennen der Kohlen durch die kleine[illegible]n elektrischen Funken, welche sich bei größerer Stromstärk[illegible]e zwischen den Kontaktstücken bilden.

Man wird bei der Prüfung der Mikrophonkohlen auf hohe[illegible]s Leitvermögen und genügende Härte zu achten haben, außerden[illegible] die Kohlen auch im Mikrophon selbst prüfen, weil ja auch di[illegible]e übrigen Konstruktionseinzelheiten von großem Einfluß sind. Tadellose Oberfläche, feines Korn und Abwesenheit gröberer Kohlenpartikeln sind ebenfalls zu fordern, ebenso Genauigkeit in den vorgeschriebenen Dimensionen.

6. Prüfung der übrigen Kohlenkörper.

Kohlenziegel, Futterstücke u. dgl. für elektrische Öfen werden in gleicher Weise geprüft wie die betreffenden Elektroden.

Kohlen für elektrische Schweißung untersucht man auf etwaige Zusätze von Metalloxyden, Silicium u. dgl. (siehe Lichtkohlen).

Kohlenkontakte für Stromverteiler, Unterbrecher u. dgl. werden wie die Dynamobürsten geprüft.

Blitzschutzkohlen und Blitzableiterspitzen sind bezüglich ihres elektrischen Widerstandes zu untersuchen, ebenso Kohlen, welche als Widerstandsmaterial verwendet werden sollen.

Bei Lagern aus Kohle für Dynamomaschinen kommt hauptsächlich die Härte in Betracht.

Anhang.

Preise der Kohlenkörper, Betriebskosten etc.

A. Preise der fertigen Kohlenkörper.

I. Verkaufspreise der Lichtkohlen in Mark pro 100 Meter. Bei Abnahme großer Quantitäten werden bedeutende Nachlässe (30—50%) gewährt.

Durchmesser in Millimetern	C. Conradty Marke Noris (1901), Rußkohle, Prima Qualität		Planiawerke Marke Kohinoor (1897), Sekunda Qualität		Le Carbone, Qualité spéciale pour courants alternatifs (1900)		Le Carbone, leicht verkupferte Kohlen f. Gleichstrom (1900)		Le Carbone, Kohlen mit sternförmigem Querschnitt, Charbons à ailletes (1900)	
	Dochtkohle für Gleich- oder Wechselstrom	Homogenkohle	Dochtkohle für Gleich- oder Wechselstrom	Homogenkohle	Ann.	Homogène	Ann.	Homogène	Ann.	Homogène
1	—	10	—	10	—	—	—	—	—	—
2	—	10	—	10	—	—	—	—	—	—
3	—	10	—	10	—	—	—	—	—	—
4	—	12	—	10	—	—	—	—	—	—
5	17	14	14	12	—	—	—	—	—	—
6	18	16	15	12	—	24	—	27	—	—
7	21	18	18	15	30	25	34	28	—	—
8	25	21	21	18	31	27	35	30	—	—
9	28	25	24	21	32	28	37	32	—	—
10	32	28	27	24	35	30	39	34	—	—
11	36	32	30	27	37	35	42	39	—	—
12	39	36	33	30	42	39	48	45	—	—
13	43	39	36	33	47	45	53	51	85	78
14	46	43	39	36	52	49	59	56	—	—
15	54	47	45	40	63	60	71	67	100	93
16	63	58	52	48	75	70	86	80	—	—
17	72	64	60	54	86	82	98	94	116	108
18	79	72	66	60	97	86	109	98	—	—
19	90	80	75	66	109	99	124	112	—	—
20	100	90	82	75	120	112	135	127	—	—
21	110	100	90	82	—	—	—	—	195	183
22	118	110	100	90	—	—	—	—	—	—
23	130	118	110	100	—	—	—	—	—	—
24	144	130	120	110	—	—	—	—	—	—
25	162	150	135	125	172	161	—	—	272	261
30	210	200	190	170	217	190	—	—	390	375
35	275	260	—	—	—	—	—	—	—	—
40	340	320	—	—	—	—	—	—	666	651
50	—	—	—	—	—	—	Bei starker Verkupferung sind die Preise noch um circa 37% höher		1027	1011
60	—	—	—	—	—	—			1638	1620
70	—	—	—	—	—	—			2317	2298

II. Preise verschiedener Batteriekohlen. (Preise der Firmen C. Conradty, Planiawerke, Le Carbone.)

1. Kohlenplatten.

Länge mm	Breite mm	Dicke mm	Per 100 Stück Mark	Länge mm	Breite mm	Dicke mm	Per 100 Stück Mark
80	30	10	7.—	230	40	12	23.50
80	60	8	9.—	230	50	10	25.—
130	40	10	13.—	240	50	10	26.—
140	35	8	13.—	250	40	10	24.—
140	50	10	15.—	250	50	10	26.—
140	60	10	18.—	250	50	15	30.—
150	40	8	15.50	250	55	10	26.—
160	40	8	16.—	260	40	10	26.—
160	40	10	16.—	260	50	10	30.—
160	50	12	18.—	260	50	12	30.—
170	40	8	18.—	260	60	12	32.—
170	40	10	18.—	270	60	10	33.—
180	40	10	18.—	270	60	12	33.—
180	50	10	19.—	270	70	10	36.—
190	40	10	18.—	270	70	12	36.—
190	50	10	19.—	280	55	10	34.—
200	40	8	20.—	280	60	10	35.—
200	40	10	20.—	280	60	12	35.—
210	40	10	21.—	280	70	10	35.—
210	50	10	22.—	280	70	12	36.—
210	60	10	25.50	300	70	10	40.—
220	40	10	21.—	300	70	12	40.—

2. Kohlenprismen für Bunsen-Elemente. (Preise per 100 Stück in Reichsmark.)

Dimensionen in mm			Mark	Dimensionen in mm			Mark
Länge	Breite	Dicke		Länge	Breite	Dicke	
100	10	10	8.—	230	40	20	23.—
120	40	20	12.—	240	40	30	25.—
150	40	20	15.—	250	50	30	30.—
160	40	20	16.—	250	60	30	38.—
180	40	20	18.—	260	50	30	33.—
200	40	20	20.—	280	40	20	28.—
200	40	30	20.—	600	60	30	100.—
220	40	30	22.—	800	60	30	140.—

3. Hohle Kohlenzylinder. (Preise per 100 Stück in Reichsmark.)

Dimensionen in mm		ohne Braunsteinzusatz	mit Braunsteinzusatz	Dimensionen in mm		ohne Braunsteinzusatz	mit Braunsteinzusatz
Länge	Durchmesser	Mark	Mark	Länge	Durchmesser	Mark	Mark
32	45	12.—	15.—	160	60	27.—	33.—
100	40	19.—	23.—	180	60	30.—	36.—
100	80	25.—	30.—	180	90	40.—	48.—
120	40	22.—	27.—	200	70	40.—	48.—
120	60	25.—	30.—	240	50	40.—	48.—

4. Braunsteinzylinder mit durchgehender Höhlung für den Zinkstab.

Länge mm	Durchmesser mm	Per 100 Stück Mark
150	50	40
160	60	42
180	65	48
180	70	50
210	70	60
240	70	70
260	70	80

5. Kohlenplatten für Flaschen-Elemente mit facettierten Längseiten. (Preise per 100 Stück in Reichsmark.)

Dimensionen in mm			Mark	Dimensionen in mm			Mark
Länge	Breite	Dicke		Länge	Breite	Dicke	
70	25	5	7.—	150	60	10	18.—
70	40	10	9.—	160	35	8	16.—
100	25	5	9.—	170	32	6	17.—
115	32	6	12.—	180	35	8	18.—
120	25	5	12.—	180	40	8	18.—
130	32	6	14.—	190	35	10	19.—
130	70	6	16.—	220	40	8	22.—
135	25	5	12.—	230	50	12	25.—
140	32	6	14.—	245	50	15	30.—
140	35	8	14.—	260	50	10	32.—
145	30	10	14.—				

6. Poröse Kohlenzylinder.

Länge mm	Durchmesser mm	ungefüllt per 100 Stück Mark	gefüllt per 100 Stück Mark
100	25	30.—	40.—
100	35	34.—	45.—
100	40	38.—	50.—
120	40	40.—	55.
125	45	45.—	60.—
140	40	45.—	60.—
150	50	50.—	68.—
140	60	55.—	70.—
160	55	57.—	75. —
160	60	60.—	80.—
180	60	65.—	85. —
210	60	70.—	95.—
240	60	75.—	100.—

7. Poröse viereckige Kohlenzellen.

Länge mm	Breite mm	Dicke mm	ungefüllt per 100 Stück Mark	gefüll per 100 St Mark
140	60	25	50.—	70.—
150	50	50	60.—	80.—
160	60	25	60.—	80.—
180	50	50	70.—	90 —

8. Braunsteinbriketts. (Preise per 100 Stück in Reichsmai

Dimensionen in mm			Mark	Dimensionen in mm			M
Länge	Breite	Dicke		Länge	Breite	Dicke	
120	40	18	22.—	125	45	20	26
120	40	20	24.—	125	45	25	28

III. Preise der Dynamobürsten (Le Carbone) in Fr

1. Nichtgraphitierte Bürsten, billigere Marke.

Volum 0,5 ccm . . . . . . 0,32 Fr.
" 1 " . . . . . . 0,36 "
" 2 " . . . . . . 0,39 "

für jeden folgenden Kubikcentimeter bis zu 30 ccm um 0,C mehr, darüber für jeden Kubikcentimeter 0,037 Fr. mehr.

Nichtgraphitierte, bessere Marke.

Volum 0,5 ccm . . . . . . 0,35 Fr.
" 1 " . . . . . . 0,57 "
" 2 " . . . . . . 0,65 "

bis zu 30 ccm für jeden folgenden ccm um 0,03 Fr. meh
über 30 " " " " " " 0,05 " "

2. Elektrographitische Bürsten, billigere Marke.

Volum 0,5 ccm . . . . . . 0,40 Fr.
" 1 " . . . . . . 0,65 "
" 2 " . . . . . . 0,73 "

für jeden folgenden Kubikcentimeter 0,13 Fr. mehr.

Elektrographitische Bürste, beste Qualität.

Volum 0,5 ccm . . . . . . 0,45 Fr.
" 1 " . . . . . . 0,68 "
" 2 " . . . . . . 0,90 "

für jeden folgenden Kubikcentimeter 0,14 Fr. mehr (bis zu 30 über 30 ccm für jeden Kubikcentimeter 0,16 Fr.

Verkupferung (0,05 mm Dicke) je nach der Größe der Kohlen 0,10 Fr. (bei den kleinsten) bis 1,75 Fr. (bei den größten Kohlen über 300 ccm).

IV. Preise der Mikrophonkohlen in Francs.

1. Walzen mit Zapfen.

Durchmesser mm	Länge mm	Preis pro 1000 Stück	Durchmesser mm	Länge mm	Preis pro 1000 Stück
6	30	144	8	50	180
6	40	150	9	40	204
6	50	156	9	50	228
7	30	162	9	60	228
7	40	174	10	50	216
7	50	168	10	60	264
8	30	180	10	80	396
8	40	192			

2. Kohlengries (runde Körner).

Durchmesser (mm)	Preis pro 100 g	Durchmesser (mm)	Preis pro 100 g
0,5	250	3	40
1	120	4	30
1,5	80	5	25
2	60	6	20
2,5	50		

B. Einrichtungs- und Betriebskosten.

I. Kalkulation für die Einrichtung und den Betrieb einer Lichtkohlenfabrik nach J. Pritchard (1890). Anlage für kleinen Betrieb.

Wöchentliche Leistung 20 000 Dochtkohlen von 10 mm Dm. und 10 engl. Zoll Länge (25 cm) oder 15 000 solcher Dochtkohlen und 15 000 Homogenkohlen von 6 mm Dm. und 6 engl. Zoll Länge (15 cm). Preise in engl. Währung, Gewichte in engl. Pfunden[1]).

[1]) 1 £ Sterling = 20 Shilling = 240 Pence = 20 Mark, 1 Ton = 2240 Pfund = 1016 kg.

Die Gewinnberechnung ist viel zu hoch.

1. Fabrikseinrichtung.

	£	s.	d.
1 hydraulische Presse . .	100	—	—
1 Stampfmühle	60	—	—
1 Walzenstuhl	35	—	—
1 Siebmaschine	25	—	—
1 Knetmaschine	12	10	—
3 Dochtmaschinen	25	—	—
1 Wellblechmaschine . . .	8	10	—
1 16pferd. Dampfmaschine.	180	—	—
Stampfwerk, gußeis. Tiegel, Ofenbeschläge u. s. w. . .	60	—	—
Transmissionen, Riemen .	50	—	—
Öfen und Zubehör	45	—	—
Verschiedene andere Geräte und Materialien	120	—	—
Zusammen	721	—	—

2. Material (pro Woche).

	£	s.	d.
900 Pfd. Graphit	8	2	—
2400 „ Schwefelsäure .	5	—	—
60 „ chlorsaures Kali (zur chem. Reinigung des Graphites s. S. 24)	1	15	—
300 Pfd. Retortenkohle .	—	3	6
240 „ Zucker .	3	—	—
3 Tons Kohle (f. d. Dampfmaschine)	1	16	—
8 Tons Koks (für den Ofenbetrieb)	3	4	—
Zusammen	23	0	6

3. Arbeit (Kosten pro Woche).

	£	s.	d.
1 Oberaufseher	5	—	—
1 Maschinist	1	5	—
1 Zimmermann	1	—	—
1 Müller	—	18	—
3 Knaben	1	14	—
3 Mädchen	1	4	—
Zusammen	11	1	—
Kosten der Herstellung im ganzen	34	1	6

4. Sonstige Ausgaben.

	£	s.	d.
Miete, Steuer, Amortisation	50	—	—

5. Gewinn (pro Woche).

	£	s.	d.
Verkaufswert für 20 000 Dochtkohlen, das Tausend zu 5 £ 10 s.	110	—	—
Herstellungskosten	34	1	6
Gewinn	75	18	6

II. Kalkulation für Errichtung und Betrieb einer Lichtkohlenfabrik nach F. Jehl (1898). Größere Anlage.

Tägliche Leistung in 10 Arbeitsstunden 2000 kg fertige Ware, 300 Arbeitstage jährlich. Preise in Kronen österr. Währ.

1. Fabrikseinrichtung.

	Kronen
Gebäude	70000
Elektrische Lichtanlage . . .	6000
Dampfmaschine von 100 PS. .	46000
Mendheimsche Glühöfen . . .	48000
Wasser- und Dampfleitungen .	5000
Riemen	4000
Transmissionen	6000
1 Kettenwinde	1000
Fabriksutensilien	4000
1 große Wage	2200
1000 Stück Brenntiegel . . .	7200
Ölfilter	130
Transport	199530
Transport	199530
Teerreservoir	1000
Trockenofen und Ofen zur Erwärmung des Teers	3200
Maschinen für die Reparaturwerkstatt	6000
Einrichtung des Kontors . .	1000
Einrichtung der elektrischen Versuchsstation	2000
Einrichtung des chemischen Laboratoriums	2000
Verschiedene andere Betriebsmittel	4270
Zusammen	220000

	Kronen
Maschinen: 1 Stampfmühle	1260
2 Koller	3840
2 Walzenmühlen	3552
2 Naßmischmaschinen	2832
2 Knetkollergänge	3552
2 Stampfwerke für Patronen	1400
1 hydraulische Presse zur Herstellung der Patronen	9060
1 Preßpumpe (5zylindrig)	4440
2 Formen für die Patronen	2400
1 große hydraul. Presse für die Lichtkohlen	8040
1 Preßpumpe dazu	3280
2 kleinere hydraul. Pressen	8400
Transport	52016
Transport	52016
2 kleinere Preßpumpen dazu	3360
2 Bindformen	240
1 kleine Ovalkollermühle	660
1 kleines Stampfwerk	420
1 Trockenmischer	576
8 Hand-Dochtpressen	1344
6 Spitzmaschinen	2656
4 Abschneidemaschinen	1472
1 Exhaustor	288
Mundstücke für die Pressen	2968
Verpackung und Fracht	2600
Steuer und Zoll	9540
Sonstiges	1860
Zusammen	80000

Gesamtkosten der Einrichtung: 300000 Kronen.

2. Jährliche Ausgaben.

A. Arbeitslöhne und Gehalte:

	Kronen
6 Mann für die Mühle	4320
4 " " " Mischerei	2880
2 " " " Stampfwerke	2880
6 " " " Pressen	5040
6 " " Binden u. Packen	4320
2 " " denTrockenmischer	1440
8 " " das Spitzen	5760
8 " " das Abschneiden	5760
2 " " Tag- und Nachtarbeit bei den Öfen	2190
25 Hilfsarbeiter dazu	15000
7 Arbeiter für das Dochten	4200
Zusammen	43360
Transport	43360
1 Kistenmacher	720
1 Maschinist	1800
3 Hilfsarbeiter für diesen	2700
1 Magazineur	900
1 Maschinenwärter	1500
1 Kesselwärter	900
Portier und Nachtwächter	1972
1 Werkführer	2880
3 Bureaubeamte	7200
2 Reisende	5760
1 Direktor	10000
Zusammen	88582

B. Rohmaterialien:

	Ruß	Retortengraphit oder Petrolkoks	Teer	Preis der Mischung pro 100 kg
Mischung 1	80	—	20	28
" 2	50	30	20	22
" 3	30	50	20	18
" 4	—	80	20	10

Spez. Gewicht der gepreßten Mischung 1,3.

C. Gewicht der Kohlen pro 100 m Länge in kg, Verkaufspreis[1]) der Mischung 1 und 2 pro 100 m und Kosten des Rohmaterials pro 100 m.

[1]) Mit Berücksichtigung eines etwa 40 % Rabattes.

Homogen mm Dm.	Gewicht pro 100 m (ungebrannte Kohlen)	Verkaufspreis (für gebrannte Kohlen) Mischung 2	Mischung 1	Materia Mischung 2
8	6,5	7,62	8,60	1,480
9	8,3	8,64	9,66	1,826
10	10,3	9,58	10,76	2,266
11	12,4	10,50	10,92	2,728
12	14,7	11,52	13,90	3,234
13	17,3	12,96	14,50	3,806
14	20,0	15,34	17,20	4,400
18	33,1	25,92	29,00	7,282
Docht mm Dm.				
10	10,3	11,—	12,34	2,266
11	12,4	11,96	13,42	2,728
12	14,7	12,96	14,50	3,234
13	17,3	14,82	16,66	3,806
14	20,0	16,78	18,80	4,400
15	22,9	19,64	22,02	5,038
16	26,1	22,52	25,26	5,742
18	33,1	28,28	31,68	7,282
20	40,8	35,48	39,78	8,976

Eine tägliche Produktion von 2000 kg entspricht:

30000 m Kohlen von 8 mm Dm. oder
24000 „ „ „ 9 „ „ „
19000 „ „ „ 10 „ „ „
16000 „ „ „ 11 „ „ „
14000 „ „ „ 12 „ „ „
12000 „ „ „ 13 „ „ „
10000 „ „ „ 14 „ „ „
9000 „ „ „ 15 „ „ „
8000 „ „ „ 16 „ „ „
6000 „ „ „ 18 „ „ „
5000 „ „ „ 20 „ „

D. Produktionskosten pro Jahr:

Kohle für Kessel und Öfen 3
Öl . . . .
Wasser . . . .
Retorten, Schamotte . . . .
Reparaturen . . . .
Holz und Nägel, Eisenbänder für Kisten (Verpackung) . . . .
Bureau, Post . . . .
Reisespesen . . . .
Annoncen . . . .

Versicherung	1200	Kr.
10 % Amortisation des Kapitals	30000	„
Auswärtige Auslagen	40000	„
	171418	Kr.

3. Rentabilität (nach eigener Berechnung).

Der Rechnung wird die teuerste Mischung 1 (28 Kr. pro 100 kg) zu Grunde gelegt. Sollen 600000 kg jährlich produziert werden, so müssen 690000 kg rohes Material in Arbeit genommen werden, weil beim Glühen ein mindestens 15 %iger Gewichtsverlust stattfindet. Daher:

Materialpreis (B)	193200	Kr.
Jährl. Auslagen inkl. Löhne (A + D)	260000	„
	453200	Kr.

Billigster Verkaufspreis pro 100 kg 87 Kr.[1]) Ergibt:

Verkaufspreis	522000	Kr.
Ab die Kosten	453200	„
Gewinn	68800	Kr.
Investiertes Kapital (1.)	300000	Kr.
Betriebskapital (2.)	453200	„
Gesamtkapital	753200	Kr.

Ergibt eine ca. 9 %ige Verzinsung.

Meist liegen jedoch die Verhältnisse günstiger. Jehl errechnet eine viel höhere Verzinsung.

III. Kalkulation für Einrichtung und Betrieb einer Elektrodenfabrik im kleinen Maßstab nach F. Jehl (1898). Preise in Kronen ö. Währ. Tägl. Produktion 500 kg.

1. Fabrikseinrichtung.

	Kronen
1 Stampfwerk	720
1 Koller	1920
1 Walzenstuhl	1200
1 Trockenmischer	1300
1 Knetkoller	1200
1 Stampfwerk	720
1 hydraul. Presse	8040
1 Pumpe dazu	3240
Nebenkosten	1120
Verpackung, Zoll etc.	4000
Fundamente	600
Mendheimscher Ofen	24000
Teerkessel, Riemen etc.	2000
Diverse andere Hilfsmittel	1400
Zusammen	52000

2. Jährliche Ausgaben.

	Kronen
Arbeit (6 Mann für die Maschinen, 2 für den Ofen, 1 Meister)	8310
Kohle	4000
Öl	600
Schamotte	1600
Riemen	200
Reparatur	5000
Zins für Kraft (10 P.S.)	4000
Zins für Lokal	1000
Versicherung	150
10 % Amortisation	5200
Nebenkosten	540
Rohmaterial für die Fabrikation	15000
Zusammen	45600

[1]) Aus Tabelle C 20 mm Dm. unter der Voraussetzung berechnet, daß die gebrannten Kohlen um 15 % weniger wiegen wie im ungebrannten Zustande.

3. Gewinn.

500 kg tägliche Produktion ergibt für 1 Jahr (= 300 Arbeitstagen) 150 000 kg Ware, Verkaufspreis pro 100 kg 40 Kr. . . .	60 000	Kr.
Kosten	45 600	„
Gewinn	14 400	Kr.

Ergibt eine ca. 14%ige Verzinsung.

IV. Kalkulation für die Herstellungskosten von Elektroden nach E. Ornstein (1900). Preise in Fracns.

100 kg Retortengraphit, Kaufspreis 12 Fr. nach Abzug von 3% Feuchtigkeit und 2% Abfall	12,60	Fr.
Teer 20 kg	1,—	„
Handarbeit und mechanische Bearbeitung .	2,50	„
Kohle für den Glühprozeß	6,—	„
Arbeitslöhne (während und nach dem Glühprozeß	2,50	„
Zusammen	24,60	Fr.

Die 120 kg obiger Mischung verlieren beim Glühen 15% d. s. 18 kg an Gewicht. Daher kosten

100 kg gebrannter Elektroden	24,10	Fr.
Dampf	1,—	„
Abnutzung der Maschinen, Ofenreparaturen	4,52	„
Gehalte der Beamten	1,—	„
Amortisation der Maschinen	5,—	„
Amortisation der Gebäude	2,50	„
Daher kosten 100 kg fertiger Elektroden	38,14	Fr.

Nachträge und Berichtigungen.

Seite 17. Von Kunstkohlenfabriken sind noch zu nennen: in Spanien die Compañia fabril de carbones eléctricos in Barcelona (gegründet 1902), in den Vereinigten Staaten: The Partridge Motor and Generator brushes Co. in Sandusky (Ohio) und die Acheson-Gesellschaft am Niagara.

Seite 20. Über das galvanische Verhalten der Kohle. Jüptner, Chem. Zentralbl. 1881, II, 448.

Seite 21. Fußnote, letzte Zeile, statt 40,85 zu lesen 4085.

Seite 22. Fußnote, 4. Zeile von unten, statt 40,85 zu lesen 4085.

Seite 23. Fußnote, letzte Zeile fehlt: 177, 408. Ähnlich wie Schlöffel reinigt auch Brockadon den Graphit (Fehlings Handwörterbuch 3, 505).

Seite 44. 9. Zeile von unten statt 8000 cm zu lesen 8000 cm^2. Bezüglich des elektrisch hergestellten Graphits sehe man noch nach: E. Acheson, Darstellung von Graphit U.S.P. 711031 und Pietrusky, chemische Zeitschrift 2, Heft 1—3. Nach Borchers wirkt Aluminiumoxyd als Karbidbildner bei der Herstellung des künstlichen Graphites besser als Manganoxyde, Borsäure und Phosphorsäure. Zeitschrift für Elektrochemie 1902, 743.

Seite 47. K. Schmitt führt zur Beseitigung der Retortenkohle einen kleinen Dampfkessel in die heiße, aber nicht mehr glühende Retorte ein, so daß der Dampf rückwärts in die Retorte einströmt, wodurch sich die Retortenkohle ablöst. D. R. P. 123700, Jahresbericht für chem. Technologie 1902, 39.

Seite 60. 6. Zeile von oben, statt Zwischenräume zu lesen Zwischenwände.

Seite 66. Neuere Konstruktionen, welche die Rußabscheidung mittels der Filtration durch Gewebe (Flanell) bezwecken, sind die Schlauchfilter von Jaacks und Behrns und die Staubfänger von Nagel und Kaemp (Hamburg).

Seite 67. Auf dem Prinzip des Spiraldeflektors beruhen auch die Zyklone und die Spiralausscheider der Firma Nagel und Kaemp (Hamburg). Beide Apparate entstäuben aber nicht vollständig.

Seite 74. Das Verfahren der Teerrußgewinnung ist Dr. A. Lessing patentiert worden. D. R. P. 98278 vom J. 1896.

Seite 81. Acheson schlägt eine Mischung von 90% Kohlenstoff und 10% Silicium mit Teer zur Herstellung der Lichtkohlen selbst vor. Russisches Privileg 173 von 1896.

Seite 81. Nach F. Berka enthielten 2 Sorten Wasserglaslösung vom spez. Gewichte 1·09:

Gehalt an Wasserglas	Kaliumoxyd	Kieselsäure anhydrid	die Formel $K_2Si_4O_9$ verlangt: Kaliumoxyd	Kieselsäure-anhydrid
11·83 %	3·28 %	8·55 %	3·33 %	8·50 %
11·01 %	3·18 %	7·83 %	3·10 %	7·91 %

Hingegen gab die Analyse zweier Dochtkohlen, welche mit kochendem Wasser extrahiert worden waren, folgende Werte:

Marke	Gehalt an Wasserglas	Kaliumoxyd	Kieselsäure-anhydrid	die Formel $K_2Si_2O_5$ verlangt: Kaliumoxyd	Kieselsäure-anhydrid
Siemens A.	0·677 %	0·309 %	0.368 %	0·297 %	0·380 %
Schiff & Co. A.	0·543 %	0·254 %	0·289 %	0·238 %	0·305 %

Seite 83. Brush benutzte zur Imprägnierung der Kohlen Borax und Wasserglas. U. S. P. 10544.

Seite 88. Für die gröbliche Verkleinerung (etwa bis zu Bohnengröße) können bei nicht allzuharten Materialien auch Brechschnecken (Schraubenmühlen) verwendet werden.

Seite 93, 2. Bezüglich der speziellen Ausgestaltung der Walzenstühle für Hartzerkleinerung sei auf die Preisliste der Firma Nagel und Kaemp (Hamburg) verwiesen.

Seite 96. Statt besondere Maschinen anzuwenden, schaltet man in die Laufrohre für das Material auch eine Vorrichtung ein, welche aus einer großen Zahl lamellenförmiger, parallelgestellter Hufeisenmagnete besteht. Das Material gleitet in dünner Schicht über die Pole der Magneten, wobei die Eisenteilchen haften bleiben.

Seite 98, III. Sunders nimmt die Mischung in der Weise vor, daß die gepulverte Kohle mit Wachs, Harz, Pech sowie eventuell mit Salzen gemischt und hierauf mit Benzol, Schwefelkohlenstoff oder ähnlichen Lösungsmitteln digeriert wird, worauf man von den letzteren so viel abdestilliert, bis die Masse die richtige Konsistenz besitzt. U. S. P. 598646 (1898).

Seite 107, 2. Nach dem D. R. P. 134972 der Société Anonyme des combustibles intensifs liefert verseifter Holzteer, welcher sich erst bei hoher Temperatur zersetzt, viel nascierenden Kohlenstoff, welcher die schon vorhandene Kohle einschließt und daher stark backend wird. Man setzt 4—15 Prozent verseiften Holzteer zu. Ähnlich wirkt Kolophonium.

Seite 114, 8. Widerstandskörper aus Kohle und einer keramischen Grundmasse mit aufgebrannten Metallkontakten. Szanka und Ganz & Co. D. R. P. 135162.

Seite 152. Alimonda, Engl. Pat. 19191 von 1894. Elektrode mit Vertiefung, in welche der hakenförmig umgebogene Zuleitungsdraht eingelegt wird. Sodann wird eine Kohlenplatte darübergekittet.

Seite 153, 5. A. Lessing, Kohlen mit eingepreßtem Gewinde für die Kontaktschraube. Engl. Pat. 6751 von 1896.

Seite 153, 5. C. Zumpe, Kohle mit im Innern eingepreßten Ableitungsdraht. D. R. G. M. 71638.

Seite 155, 22. J. Stahl, D. R. P. 49325, um einen Kohlenstab gepreßter Zylinder aus Braunstein-Graphitmischung mit Diaphragmagewebe.
Tommasi, Chem. Zentralbl. 1897, I, 489. Kohlenelektrode mit herumgepreßter Braunsteinschichte, in ein durchlöchertes Kohlenrohr eingesetzt.

Seite 155, I, 4. C. Hamilton, röhrenförmige, außen gerillte Elementkohle. D. R. P. 101174.

Seite 167, II. E. Guillaume, Körnermikrophon mit Kohlenelektrode. D. R. P. 89558.
C. Kreßmann, Körnermikrophon. D. R. P. 69682.

Seite 172, 6. Sonstige Verwendungen der Kohle in der Elektrotechnik sind noch:
1. Naben der Trolleyrädchen für elektrische Bahnen (Le Carbone).
2. Poröse Holzkohlenplatten zum Schutz gegen das Herausfallen der aktiven Masse bei Akkumulatoren (W. Silberstein, D. R. P. 95269 von 1897).
3. Kohlenkontakte für Induktionsapparate (St. Szubert, D. R. P. 70350).

Seite 228. Richardson und Holland umgießen rote Retortenkohlenstücke mit Blei.

Seite 230. Ein eigentümliches Imprägnierungsverfahren besteht darin, daß man die Kohlen zuerst in ein Bad von Borchlorid oder Borfluorid setzt, dann mit Platinoxalatlösung tränkt und schließlich im Wasserstoffstrom erhitzt, wobei sich elementares Bor abscheiden soll. Österr. Zeitschr. f. Elektrotechn. 1895, 518.
Singer versieht die Elementkohlen mit einem Zementanstrich. D. R. P. 105282.

Seite 234. Sehr ähnlich verfährt Lüders. Chem.-techn. Repert. 1895.

Seite 237. Über die Analyse des Graphites siehe noch Muspratts Handbuch 4. Aufl., IV, Artikel Kohlenstoff, ferner Jablin-Gonnet (Dammers Handbuch d. chem. Technologie I. Bd. Artikel Graphit).

Seite 239. Über die Reaktionen des Graphits siehe Staudenmaier, Chem. Zentralbl. 1899, II, 10; 1900, II, 542.

Seite 252, 1. Die Dochtanalyse bereits fertiger Kohlen wird am besten so ausgeführt, daß man den Docht herausbohrt oder, falls man den Prozentsatz des Wasserglases in bezug auf die ganze Kohle bestimmen will, dieselbe im Stahlmörser pulverisiert. Man extrahiert das Kohlenpulver in einer Platinschale mit heißem Wasser und bestimmt in der Lösung in gewöhnlicher Weise die Kieselsäure und die Basen.

Seite 255. Abbrand der Kohlen siehe F. Heurion, Elektrotechn. Zeitschr. 1898, 662.

Seite 258. Bezüglich der Reaktionen der Kohlenelektroden bei der Chloratfabrikation sei auf die Arbeit Härdéns im elektrotechn. Anzeiger 19, 2308 verwiesen.

Seite 269. C. L. Collins, Graphite electrodes in electrometallurgical Processes. Transactions of Americ. Electrochem. Soc. 1, 53—63.
Nach Klaudy (Wochenschr. d. niederöst. Gewerbevereins 1892) beträgt der Verbrauch an Elektrodenkohle bei der Aluminiumgewinnung bis zu 1 kg pro 1 kg Aluminium.

Namenregister.

Sachregister.

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.




JUL 9 — 1934